UNIVERSIDADE DE SÃO PAULO
FACULDADE DE ECONOMIA, ADMINISTRAÇÃO E CONTABILIDADE DE
RIBEIRÃO PRETO
DEPARTAMENTO DE ADMINISTRAÇÃO
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ADMINISTRAÇÃO DE ORGANIZAÇÕES

STELLA VANNUCCI LEMOS

**Proposta de boas práticas agroindustriais que contribuam para a eficiência da produção
de açúcar e etanol em usinas sucroenergéticas**

ORIENTADOR: PROF. DR. ALEXANDRE PEREIRA SALGADO JUNIOR

RIBEIRÃO PRETO

2021

Prof. Dr. Vahan Agopyan
Reitor da Universidade de São Paulo

Prof. Dr. André Lucirton Costa
Diretor da Faculdade de Economia, Administração e Contabilidade de Ribeirão Preto

Prof. Dr. Jorge Henrique Caldeira de Oliveira
Chefe do Departamento de Administração

STELLA VANNUCCI LEMOS

Proposta de boas práticas agroindustriais que contribuam para a eficiência da produção de açúcar e etanol em usinas sucroenergéticas

Tese apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Administração das Organizações da Faculdade de Economia, Administração e Contabilidade de Ribeirão Preto da Universidade de São Paulo, para obtenção do título de Doutora em Ciências.

Versão Corrigida. A original encontra-se disponível no Serviço de Pós-Graduação da FEA-RP/USP

Área de Concentração: Geração de Valor

ORIENTADOR: PROF. ALEXANDRE PEREIRA SALGADO JUNIOR

RIBEIRÃO PRETO

2021

Autorizo a reprodução e divulgação total ou parcial deste trabalho, por qualquer meio convencional ou eletrônico, para fins de estudo e pesquisa, desde que citada a fonte.

Lemos, Stella Vannucci

Proposta de boas práticas agroindustriais que contribuam para a eficiência da produção de açúcar e etanol em usinas sucroenergéticas. Ribeirão Preto, 2021.

199 p. : il. ; 30 cm

Tese de Doutorado, apresentada à Faculdade de Economia, Administração e Contabilidade de Ribeirão Preto/USP. Área de concentração: Geração de Valor.

Orientador: Salgado Junior, Alexandre Pereira

1. Usinas sucroenergéticas brasileiras. 2. Melhores práticas agroindustriais. 3. Eficiência. 4. DEA dois estágios. 5. Energia renovável.

FOLHA DE APROVAÇÃO

Nome: Lemos, Stella Vannucci

Título: Proposta de boas práticas agroindustriais que contribuam para a eficiência da produção de açúcar e etanol em usinas sucroenergéticas

Tese de Doutorado apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Administração das Organizações da Faculdade de Economia, Administração e Contabilidade de Ribeirão Preto da Universidade de São Paulo.

Aprovada em:

Banca examinadora

Prof. Dra. Perla Calil Pongeluppe Wadhy Rebeh

Julgamento: _____

Instituição: Faculdade de Administração, Economia e Contabilidade de Ribeirão Preto – FEARP/USP.

Assinatura: _____

Prof. Dr. Marcos Fava Neves

Julgamento: _____

Instituição: Faculdade de Administração, Economia e Contabilidade de Ribeirão Preto – FEARP/USP.

Assinatura: _____

Prof. Dr. Antonio Carlos Pacagnella Junior

Julgamento: _____

Instituição: Faculdade de Ciências Aplicadas – FCA/UNICAMP

Assinatura: _____

Prof. Dr. Luciano Mendes

Julgamento: _____

Escola Superior de Agricultura "Luiz de Queiroz" – ESALQ/USP

Assinatura: _____

Prof. Dr. Carlos Alexandre Costa Crusciol

Julgamento: _____

Faculdade de Ciências Agrônômicas de Botucatu – FCA/UNESP

Assinatura: _____

DEDICATÓRIA

Dedico este trabalho para meu pai Benedito e minha mãe Vitória, pela minha educação e valores transmitidos, fonte da minha perseverança e fé para meu crescimento pessoal e profissional. Honrarei vocês para sempre.

AGRADECIMENTOS

Primeiramente, devo agradecer aos meus pais, Vitória e Benedito Lemos, por todo o esforço e luta pela minha educação, e por terem me criado com valores de resiliência, trabalho e coragem para sempre alcançar meus sonhos. Ainda agradeço também ao meu irmão, Saulo Lemos, pelos momentos de risada leve e descontração. São minha família e minha base.

Agradeço ao meu orientador, Professor Alexandre Pereira Salgado Junior, pela confiança na minha formação, por enxergar minha capacidade melhor que eu mesma, pelos constantes ensinamentos, críticas e conselhos que embasaram minha jornada científica.

À Professora Perla Calil Pongeluppe Wadhy Rebehy pelas valiosas conversas, aprendizados e por ser para mim um exemplo de mulher na carreira acadêmica.

Agradeço a Henrique pelos anos vividos. Aos amigos que fiz em Araraquara, Botucatu, Ribeirão Preto, Jaboticabal, Itápolis, Presidente Prudente e Taquaritinga, sendo todos esses lugares e pessoas resultado do meu crescimento pessoal e profissional, proporcionados pelo andamento dessa tese.

À Faculdade de Ciências Agrônômicas da UNESP de Botucatu, minha *alma mater*, instituição que tenho muito orgulho de entrar aos 17 anos de idade, onde me proporcionou amigos, momentos inesquecíveis e professores exemplares que até hoje tenho prazer de compartilhar conversas.

Ao Grupo de Estudos em Eficiência (GREFIC) com todos os seus integrantes e ex-integrantes, pelos momentos divertidos, e também pelas discussões sérias e contribuições fundamentais para essa tese.

À Faculdade de Economia e Administração de Ribeirão Preto – USP, que também tenho muito orgulho de fazer parte, por ser um ótimo lugar de trabalho, com seus professores maravilhosos, com equipe acadêmica e técnica que sempre recorri e sempre me ajudaram com resolução de dúvidas e problemas de maneira rápida, precisa e agradável.

Agradeço à equipe da Biblioteca Central USP de Ribeirão Preto, por serem muito prestativos, me ajudando com livros e artigos científicos, e ainda, por fazerem toda a revisão dessa tese.

Ainda agradeço aos meus antepassados, família Beer, família Vannucci, família Almeida e família Lemos, todos operários, com pouco contato com a academia, e onde encontrei fonte de inspiração em suas histórias de luta, para sempre fazer o meu melhor.

E, agradeço à Deus e a espiritualidade, que me acompanham diariamente, junto com São Jorge, meu santo protetor guerreiro, por colocarem no meu caminho pessoas boas, e tarefas que tento concluir com humildade e gratidão.

Ressalto ainda, que este trabalho foi realizado com apoio da Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior – Brasil (CAPES) – Código de Financiamento 001, instituição que sou muito grata e imprescindível para a realização desta pesquisa.

“Agricultura pode parecer fácil quando o seu arado
é um lápis que está a milhas de distância do
campo”

Dwight D. Eisenhower, 1956.

RESUMO

LEMOS, Stella Vannucci. **Proposta de boas práticas agroindustriais que contribuam para a eficiência da produção de açúcar e etanol em usinas sucroenergéticas**. 2021. Tese (Doutorado em Ciências) – Faculdade de Economia, Administração e Contabilidade de Ribeirão Preto, Universidade de São Paulo, Ribeirão Preto, 2021.

A transição para uma economia de baixo carbono, estabelecida pela Convenção das Nações Unidas sobre Mudanças Climáticas, se possibilitou por meio de algumas estratégias: melhorar a eficiência energética, usar combustíveis de baixo carbono, usar abordagens de engenharia de produção, capturar e armazenar CO₂ e usar fontes de energia renováveis. Dito isso, esta tese tem como objetivo propor boas práticas no setor sucroenergético, que contribuam para a eficiência sistêmica agrícola e industrial da produção de açúcar e etanol. A abordagem é qualitativa-quantitativa, utilizando um banco de dados associado ao processo de produção de 29 usinas brasileiras de bioenergia, nas safras de 2006 a 2015. Na fase quantitativa, utilizou-se a técnica Análise Envoltória de Dados (DEA) dois estágios, sendo que o primeiro estágio consistiu na elaboração de dois modelos de eficiência, utilizando como variáveis de *input* a moagem total da safra (ton) e a quantia total de ATR (ton), e como *output* as produções de açúcar (ton) e etanol (m³), possibilitando escolher as usinas com melhor eficiência; o segundo estágio foi composto da análise de regressão linear múltipla, identificando variáveis do processo produtivo que influenciam a eficiência sistêmica das usinas. Na fase qualitativa foram realizadas entrevistas com especialistas e estudos de caso nas usinas selecionadas, relacionando as variáveis encontradas na fase quantitativa com a performance agrícola e industrial das usinas escolhidas. Com os resultados advindos do DEA dois estágios, obteve-se 10 indicadores e, na entrevista com especialistas do setor, adicionaram-se outros 5 indicadores que aumentam o desempenho dos processos agroindustriais na produção sucroenergética. Os resultados advindos dos estudos de múltiplos casos apontaram quinze boas práticas (BPs), como as BPs 1, 2 e 5 relacionadas com colheita e chuva; BPs 3, 6, 7, 10 e 11, acordando com a qualidade da matéria-prima; BPs 14 e 15 direcionadas para a indústria e geração de energia renovável; e BPs 4, 8, 9, 12 e 13, ressaltando a importância do treinamento dos colaboradores. Ainda, as BPs possuem as seguintes características: (i) três dimensões que afetam o desempenho agrícola, industrial e gerencial (Figura 17), com algumas intersecções entre elas, dependendo do desempenho de cada uma das três áreas, e ainda, com as dimensões gerenciais representando uma nova contribuição para os estudos existentes; (ii) cada BP recomendada afeta um conjunto

de indicadores (Quadro 24); (iii) correlacionando as variáveis e a cadeia produtiva (Figura 16), tem-se que o desempenho das usinas depende consideravelmente das ações agrícolas.

Palavras-chave: Usinas sucroenergéticas brasileiras; Melhores práticas agroindustriais; Eficiência; DEA dois estágios; Energia renovável.

Figura 1 - Resumo gráfico da tese

Fonte: elaborado pela autora.

ABSTRACT

LEMOS, Stella Vannucci. **Proposal of agro-industrial best practices that contribute to efficiency of production in sugar and ethanol mills.** 2021. Tese (Doutorado em Ciências) – Faculdade de Economia, Administração e Contabilidade de Ribeirão Preto, Universidade de São Paulo, Ribeirão Preto, 2021.

Transitioning to a low-carbon economy, established by the United Nations Framework Convention on Climate Change, is possible through various strategies: improving energy efficiency, using low-carbon fuels, using geoengineering approaches, capturing and storing CO₂, and using renewable energy sources. Established that, this thesis aims to propose best practices in the sugar-energy sector, which contribute to the agricultural and industrial systemic efficiency of sugar and ethanol production. The approach is qualitative-quantitative, using a database associated with the production process of 29 Brazilian bioenergy mills, in the 2006-2015 seasons. In the quantitative phase, the technique Data Envelopment Analysis (DEA) two stages, and the first stage consisted on the elaboration of two efficiency models, using as input the total milling of the crop (ton) and the total amount of ATR (ton), and output the production of sugar (ton) and ethanol (m³), making it possible to choose the mills with better efficiency; the second stage was composed of multiple linear regression analysis, identifying variables of production process that influence the systemic efficiency of the mills. In the qualitative phase, interviews were conducted with specialists and case studies in the selected mills, relating the variables found in the quantitative phase with agricultural and industrial performance of the chosen mills. With the results coming from two-stage DEA, 10 indicators were obtained and, in the interview with industry experts, 5 other indicators were added that increase the performance of agro-industrial processes in sugar-energy production. The results from multiple case studies indicated fifteen best practices (BPs), such as BPs 1, 2 and 5 related to harvest and rain; BPs 3, 6, 7, 10 and 11, agreeing with the quality of feedstock; BPs 14 and 15 targeted at the renewable energy industry and generation; and BPs 4, 8, 9, 12 and 13, emphasizing the importance of employee training. Furthermore, BPs have the following characteristics: (i) three dimensions that affect agricultural, industrial and managerial performance (Figure 17), with some intersections between them, depending on the performance of each of the three areas, and also with the managerial dimension representing a new contribution on existing studies; (ii) each BP affects a set of indicators (Frame 24); (iii) correlating the variables to production chain (Figure 16) indicates the performance of the mills depends considerably on field actions.

Keywords: Sugar and ethanol mills; Agroindustrial best practices; Efficiency; 2 stage DEA; Renewable energy.

Figura 2 - Graphical abstract

Fonte: elaborado pela autora.

LISTA DE ILUSTRAÇÕES

Figura 1 - Resumo gráfico da tese	10
Figura 2 - Graphical abstract	13
Figura 3 - Mapeamento da cana-de-açúcar no Brasil	32
Figura 4 - Etapas do processo agrícola da cana-de-açúcar	37
Figura 5 - Etapas do processo de produção de açúcar e etanol	39
Figura 6 - Elementos da DMU	44
Figura 7 - Modelo da eficiência geral (Ef_g)	62
Figura 8 - Modelo da eficiência industrial (Ef_i)	62
Figura 9 - Diagrama de componentes do estudo	64
Figura 10 - DEA dois estágios com regressão linear múltipla	65
Figura 11 - Níveis de inferências em estudo de caso	71
Figura 12 - Procedimentos metodológicos utilizados na pesquisa	76
Figura 13 - Indicadores relacionados com o processo sucroenergético	85
Figura 14 - Principais variáveis do processo produtivo de açúcar e etanol	87
Figura 15 - Fluxo de comportamento entre influência do campo com variáveis	121
Figura 16 - <i>Framework</i> das boas práticas	127
Figura 17 - Resumo das boas práticas	129

LISTA DE GRÁFICOS

Gráfico 1 - Evolução do preço semanal médio do etanol no Estado de São Paulo	22
Gráfico 2 - Evolução do preço do açúcar no Estado de São Paulo	23
Gráfico 3 - Os 10 maiores produtores mundiais de cana-de-açúcar.....	30
Gráfico 4 - Produtividade da cana-de-açúcar brasileira	31
Gráfico 5 - Conceito de eficiência.....	42
Gráfico 6 - Embasamento teórico utilizando modelagem DEA	44
Gráfico 7 - Representação da fronteira da eficiência geral (Ef_g).....	77
Gráfico 8 - Representação da fronteira da eficiência industrial (Ef_i)	78

LISTA DE QUADROS

Quadro 1 - Diferenças entre as categorias paramétrica e não paramétrica.....	45
Quadro 2 - Modelo da influência do campo (θ_c) na produtividade do sistema	63
Quadro 3 - Protocolo de pesquisa de campo (baseado nos estudos de Yin, 2010)	72
Quadro 4 - Critérios de excelência do estudo.....	73
Quadro 5 - Procedimentos metodológicos da pesquisa	74
Quadro 6 - Classificação dos 22 indicadores antes da regressão linear múltipla	83
Quadro 7 - Instrumento de pesquisa de campo	89
Quadro 8 - Entrevista com os especialistas	92
Quadro 9 - Roteiro semiestruturado para entrevista com os gestores das usinas	97
Quadro 10 - Indicadores oriundos das análises DEA 2 estágios, especialistas e literatura	106
Quadro 11 - Práticas utilizadas nas usinas para ART (%) e Pol (%) da cana	107
Quadro 12 - Práticas utilizadas nas usinas para o indicador chuva	109
Quadro 13 - Práticas utilizadas nas usinas para dextrana (mg/L Brix)	110
Quadro 14 - Práticas utilizadas nas usinas para temperatura máxima e mínima.....	111
Quadro 15 - Práticas utilizadas nas usinas para broca (%).....	112
Quadro 16 - Práticas utilizadas nas usinas para bastonetes ($\times 10^5$ mL)	113
Quadro 17 - Práticas utilizadas nas usinas para impurezas (%)	114
Quadro 18 - Práticas utilizadas nas usinas para fibra da cana na prensa (%).....	115
Quadro 19 - Práticas utilizadas nas usinas para manejo de solo	116
Quadro 20 - Práticas utilizadas nas usinas para cultivares	116
Quadro 21 - Práticas utilizadas nas usinas para práticas agrícolas.....	118
Quadro 22 - Práticas utilizadas nas usinas para colheita	119
Quadro 23 - Práticas utilizadas nas usinas para extração do caldo	120
Quadro 24 - Boas práticas de acordo com os índices analisados	124

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 - Parâmetros da produção de etanol para diferentes matérias-primas	33
Tabela 2 - Parâmetros da cadeia sucroenergética no Brasil nos anos de 1975 e 2018.....	34
Tabela 3 - Comparação entre abordagens DEA	46
Tabela 4 - Influência do campo nas usinas por safra.....	79
Tabela 5 - Perda em milhões de reais por safra	80
Tabela 6 - Estatística descritiva dos <i>inputs</i> , <i>outputs</i> e perda por ineficiência	81
Tabela 7 - Eficiências, influência do campo e estatística descritiva por safra	82
Tabela 8 -Teste de normalidade KS para as usinas de açúcar e etanol	82
Tabela 9 - Resultados da regressão linear múltipla	84
Tabela 10 - Quintil superior de 271 DMUs e seus respectivos indicadores.....	99
Tabela 11 - Testes de normalidade KS para os indicadores	101
Tabela 12 - Estatística descritiva das variáveis obtidas na regressão linear múltipla	102
Tabela 13 - Comparação entre os índices das usinas visitadas com o quintil superior	103

LISTA DE ABREVIATURAS E SÍMBOLOS

ART	Açúcares Redutores Totais
ATR	Açúcar Total Recuperável
BCC	Banker, Charnes e Cooper
CCR	Charnes, Cooper e Rhodes
CEPEA	Centro de Estudos Avançados em Economia Aplicada
CNA	Confederação da Agricultura e Pecuária do Brasil
COPERSUCAR	Cooperativa de Produtores de Cana-de-Açúcar, Açúcar e Alcool do Estado de São Paulo
DEA	Data Envelopment Analysis
DMU	Decision Making Units
EDR	Escritório de Desenvolvimento Rural
FEE	Fundo Especial de Exportação
GEE	Gases de Efeito Estufa
IAA	Instituto do Açúcar e Alcool
IPCA	Índice de Preços ao Consumidor Amplo
MPB	Muda Pré Brotada
OCDE	Organização para a Cooperação e Desenvolvimento Econômico
PLANALSUCAR	Plano Nacional de Melhoramento de Cana-de-Açúcar
POL	Sacarose aparente
PROÁLCOOL	Programa Nacional do Alcool
VIF	Variance Inflation Factor

SUMÁRIO

1	INTRODUÇÃO	21
1.1	RELEVÂNCIA DO TEMA	21
1.2	PROBLEMATIZAÇÃO E OBJETIVOS DA PESQUISA	24
1.3	JUSTIFICATIVA.....	26
1.4	CONTRIBUIÇÃO ORIGINAL DA TESE	27
2	REFERENCIAL TEÓRICO.....	28
2.1	IMPORTÂNCIA DA CANA-DE-AÇÚCAR NO BRASIL	28
2.2	ATUALIZAÇÃO DOS DERIVADOS DA CANA-DE-AÇÚCAR	33
2.3	PROCESSOS AGRÍCOLA E INDUSTRIAL DAS USINAS SUCROENERGÉTICAS	36
2.4	EFICIÊNCIA.....	41
2.5	PROCESSO AGROINDUSTRIAL: VARIÁVEIS RELACIONADAS À EFICIÊNCIA	47
2.5.1	MANEJO DE SOLO.....	48
2.5.2	CHUVA	48
2.5.3	TEMPERATURA	49
2.5.4	CULTIVARES.....	50
2.5.5	PRÁTICAS AGRÍCOLAS	50
2.5.6	BROCA DA CANA-DE-AÇÚCAR.....	52
2.5.7	OPERAÇÕES DE COLHEITA.....	52
2.5.8	IMPUREZAS.....	53
2.5.9	EXTRAÇÃO DO CALDO.....	54
2.5.10	ART DA CANA NO DIGESTOR E POL DA CANA NA PRENSA.....	54
2.5.11	DEXTRANA	55
2.5.12	BASTONETES NA CANA-DE-AÇÚCAR.....	56
2.5.13	FIBRA DA CANA NA PRENSA	57
3	MÉTODO	58
3.1	CARACTERIZAÇÃO DA PESQUISA.....	58
3.2	ETAPA QUANTITATIVA.....	59
3.3	ETAPA QUALITATIVA.....	70
4	RESULTADOS E DISCUSSÃO	77
4.1	RESULTADOS DA ETAPA QUANTITATIVA	77
4.2	ENTREVISTA COM ESPECIALISTAS.....	91
4.3	ENTREVISTA COM ESTUDOS DE CASOS.....	95
	<i>Estudo de Caso na Usina A</i>	<i>96</i>
	<i>Estudo de Caso na Usina B</i>	<i>96</i>
	<i>Estudo de Caso na Usina C</i>	<i>97</i>
4.4	RESULTADOS DA ETAPA QUALITATIVA	99
5	DISCUSSÃO: PROPOSTA DE BOAS PRÁTICAS	122
6	CONCLUSÕES	131
	REFERÊNCIAS	134

APÊNDICE A - DADOS PARA A REGRESSÃO LINEAR MÚLTIPLA – SAFRAS DE 2006/2007 ATÉ 2015/2016.....	159
---	------------

1 INTRODUÇÃO

1.1 Relevância do Tema

Preocupações com a escassez de energia, políticas de mitigação de gases de efeito estufa (GEE) e a busca de novas fontes energéticas, podem explicar por que os formuladores de políticas públicas voltadas para energia consideram biocombustíveis para ser a principal alternativa aos combustíveis fósseis em muitos países (CARDOZO et al., 2020).

Dito isso, destaca-se o Brasil, que tem na sua matriz energética primária a energia renovável, que participa com uma importante parcela de 46,1%, sendo 18% derivada da cana-de-açúcar, seguida por 12,4% de energia hidráulica e 8,7% de lenha e carvão vegetal (EPE, 2020).

Este percentual de energia derivada da cana-de-açúcar revela que, essa matéria-prima também está entre as mais utilizadas na indústria de alimentos e na produção de biocombustível, sendo assim a cana-de-açúcar (*Saccharum spp.*) uma cultura de grande importância econômica (UNICA, [2018]).

A cadeia produtiva do setor de açúcar e etanol desempenha ainda um papel de grande importância para o desenvolvimento do país, mas devido à queda de produtividade dos canaviais, sua representação no PIB brasileiro foi de 0,40% e renda de R\$ 156 bilhões no ano de 2017 (CNA; CEPEA, 2017).

Em 2008, houve a crise financeira que impactou todo o setor sucroenergético: ocorreu retração da economia mundial, fruto da incerteza de créditos e instabilidade mundial; houve a diminuição de investimentos, derivando demissões em massa; usinas de açúcar diminuíram a produção, e, conseqüentemente a oferta de energia proveniente do bagaço de cana; e ainda houve queda na venda de veículos *flex fuel* (CAMIOTO; MORALLES; MACHADO, 2017).

Segundo a Cna e Cepea (2018), a safra de 2018/2019 teve sua maior parcela de produção de cana-de-açúcar direcionada para o etanol, devido à modesta retomada da economia brasileira, com conseqüente aumento de consumo de etanol e a maior liquidez proporcionada pelo etanol às unidades produtoras.

Na indústria açucareira, os preços recuaram 27,73% em janeiro/2018, com relação ao mesmo mês de 2017, e com a relativa estabilidade na produção anual, visto que, após duas temporadas consecutivas de déficit no balanço entre produção e consumo mundial de açúcar, a safra global de 2018/2019 indicou o aumento da produção na Índia, Tailândia e União Europeia, havendo expectativa de superávit para o ano de 2019, exercendo grande pressão sobre os preços (CNA; CEPEA, 2018).

A área colhida no Brasil de cana-de-açúcar destinada à atividade sucroalcooleira, na safra 2020/21, está prevista para atingir 8,4 milhões de hectares, representando uma redução de 0,4% em relação ao ocorrido no exercício anterior, sendo essa queda resultante pela devolução de inúmeras propriedades arrendadas ou pela rescisão de contrato com fornecedores, sobretudo, aqueles com áreas de baixos rendimentos ou com mudanças de culturas agrícolas (CONAB, 2020).

Ainda, para a safra 2020/2021, o cenário era extremamente positivo para o setor sucroenergético, mas sofreu uma relevante interferência com a expansão da epidemia do coronavírus (SARS-CoV-2), que a partir de fevereiro de 2020, com sua disseminação global (CNA; SENAR, 2020), gerou-se a percepção de que a demanda por energia se reduziria, sendo necessário ajustes na produção de petróleo por parte da OPEP+ (Organização dos Países Exportadores de Petróleo e outros associados, como Rússia), que não se concretizaram, levando a uma disputa de preços entre Rússia e Arábia Saudita, o que, somada à forte redução da demanda por conta das quarentenas epidemiológicas, derrubou o preço do óleo bruto no mercado internacional (OPEC, 2020).

Assim, para o setor sucroenergético, obteve-se um cenário de crise antes mesmo do início da safra, uma vez que se tornou questão de tempo para que a Petrobrás reajustasse o preço da gasolina, diminuindo a competitividade do etanol nos postos de combustíveis, e com a eminente chegada do vírus ao Brasil, houve uma forte redução na demanda por combustíveis (CEPEA, [2020b]), como pode-se observar no Gráfico 1.

Gráfico 1 - Evolução do preço semanal médio do etanol no Estado de São Paulo

Fonte: Cepea ([2020b]).

Como pode ser observado no gráfico 1, a redução do preço do etanol iniciou-se antes do fim da entressafra, refletindo a rivalidade de preços no mercado de petróleo e a queda da demanda por conta do início das quarentenas epidemiológicas no Brasil (CNA; SENAR, 2020).

Ainda, a dependência do mercado de etanol brasileiro com o mercado de petróleo, vinculou, ainda, o mercado internacional do açúcar, refletindo os movimentos do preço do óleo bruto e do câmbio, entre outros fatores, sendo que em março, o preço do açúcar experimentou uma queda relevante, acompanhando a intensificação do isolamento social em vários países e a queda do preço do petróleo (BANCO CENTRAL DO BRASIL, [2020]), observado no Gráfico 2.

Gráfico 2 - Evolução do preço do açúcar no Estado de São Paulo

Fonte: Banco Central do Brasil ([2020]).

Com as dinâmicas descritas dos mercados de etanol e açúcar, é necessário estabelecer o que determina a remuneração das usinas, que tem como referência a matéria-prima, e utiliza o cálculo do CONSECANA – Conselho dos Produtores de Cana-de-Açúcar, Açúcar e Alcool do Estado de São Paulo – e se baseia na média ponderada (por um mix projetado para a safra) dos preços de 9 produtos comercializados pelas usinas, que são 3 tipos de açúcar e 6 tipos de etanol, e o valor apurado, é equivalente em R\$/kg ATR, multiplicado pela participação percentual da cana-de-açúcar no custo total de produção das usinas - 59,49% para açúcar e 62,09% para etanol (CEPEA, [2020a]).

Sendo assim, fica clara a atual interdependência dos mercados de açúcar, etanol e bioenergia, e de acordo com Cna e Senar (2020), a safra 2020/21 se mostra desafiadora tanto para as usinas quanto para os fornecedores.

Considerando os problemas de diversas naturezas enfrentados pelo setor, é necessário a otimização do processo produtivo, utilizada como estratégia para superar as dificuldades encontradas no mercado e no cenário macroeconômico, visto que soluções para a produção de açúcar e etanol devem ser baseadas em teorias dentro da área de engenharia de produção, ressaltando Pacagnella Junior et al. (2019) assumem que, a maior parte da fabricação de produtos do mundo é realizada por sistemas baseados na produção em larga escala, com linhas de produção que geram uma quantidade maciça de um determinado tipo de produto.

Para otimização do setor, deve-se analisar a produtividade operacional, que, segundo Farrell (1957), é definida como a relação entre a produção (bens produzidos) e os fatores de produção utilizados, sendo estes fatores definidos como pessoas, máquinas, materiais e área, responsáveis por medir a eficiência com que todos os insumos são combinados para gerar o produto total das lavouras.

Além da produção de etanol e açúcar, as usinas sucroenergéticas buscam operar com maior eficiência, inclusive com geração de energia elétrica, auxiliando na redução dos custos e contribuindo para a sustentabilidade da atividade (CONAB, 2020).

O crescimento da agricultura vem de dois aspectos: aumento de recursos, e produtividade (SEGATO; MATTIUZ; MOZAMBINI, 2006). Os recursos, o crescimento da produtividade da agricultura sustentável e o aumento da produtividade operacional mostra a importância da mensuração da eficiência de produção (LIU; ZHANG, 2015).

O bom desempenho da produção de açúcar e etanol está sujeito à produtividade agrícola, além de depender de aspectos ambientais, sociais e culturais e o esforço interno da empresa, sua capacidade para modernizar, posicionar e adaptar-se para responder as pressões e desafios da concorrência (SALGADO JUNIOR et al., 2017). Nesse sentido, a eficiência torna-se um importante diferencial competitivo diante um mercado altamente importante e concorrido.

Assim, ao analisar a cadeia produtiva da cana de açúcar, em particular as usinas de açúcar e etanol, e definir se uma usina é eficiente (ou ineficiente) com a identificação dos fatores agrícolas e industriais que possam explicar seu desempenho, haverá uma contribuição de forma significativa para a definição de estratégias apropriadas para esse setor.

1.2 Problemática e Objetivos da Pesquisa

A crise do setor sucroenergético, iniciada em 2008, ainda apresenta reflexos, sendo importante considerar a necessidade de aumento da produtividade das áreas agrícolas e industrial, para um aumento da competitividade do etanol e açúcar brasileiro (DUARTE, 2017).

As usinas de açúcar e etanol trabalham com diferentes níveis de produtividade e eficiência, tanto nas áreas agrícola, quanto industrial, sendo que o entendimento dessas diferenças é fundamental para a melhoria da produção e consequentemente, do setor.

Sabe-se que o processo de produção de uma usina de açúcar e etanol pode ser dividido em 3 fases distintas, sendo uma primeira fase comum aos dois produtos, uma segunda fase de produção de açúcar e uma terceira fase de produção de etanol (DIAS et al., 2015). Ao longo deste processo de fabricação, ocorrem atividades de análise e mensuração dos dados do processo, possibilitando a criação de indicadores de desempenho do mesmo, visando a tomada de decisão dos gestores industriais (FERNANDES, 2011).

Como pode-se observar, existem diversos desafios para que o setor sucroenergético brasileiro volte a ser competitivo, além disso, em períodos de crise, existe a escassez de recursos financeiros, portanto, saber onde investir para melhorar a eficiência é importante para a sobrevivência e competitividade das usinas de açúcar e etanol.

Assim, conhecer a eficiência de uma usina de açúcar e etanol, seus processos e suas variáveis de controle que contribuem para a eficiência sistêmica, é importante não apenas para a gestão industrial como também para todo o setor sucroenergético, pois o incremento da eficiência pode significar a melhoria da competitividade e consequente sobrevivência, auxiliando atualmente, na diminuição da crise pela qual o setor está passando.

Nesta tese, procurou-se estudar dados referentes a produção agrícola e industrial das usinas de açúcar e etanol, e as respectivas variáveis de ambos os processos, afim de responder o seguinte problema de pesquisa:

Quais as práticas agroindustriais que mais impactam na eficiência sistêmica das usinas sucroenergéticas?

A hipótese desta pesquisa é que, ao analisar um sistema produtivo agroindustrial, necessariamente deve-se entender a real importância da área agrícola e da área industrial, e com isso, busca-se entender o quanto, e como, o campo (área agrícola) influencia a produção agroindustrial.

Para obter respostas a problematização da pesquisa, optou-se em realizar uma abordagem qualitativa-quantitativa associada ao processo de produção de 29 usinas brasileiras de bioenergia, nas safras de 2006 a 2015. Na fase quantitativa, utilizou-se a técnica *Data Envelopment Analysis* (DEA), traduzida como Análise Envoltória de Dados, que auxiliou na classificação das usinas de acordo com a eficiência. A análise de regressão linear múltipla permitiu identificar as variáveis do processo produtivo que mais se destacaram em relação a eficiência sistêmica das usinas.

Na fase qualitativa foram realizadas entrevistas com especialistas e estudos de caso em usinas selecionadas de acordo com a técnica DEA, relacionando as variáveis encontradas na fase quantitativa com a performance agrícola e industrial das usinas escolhidas.

Desta forma, definiu-se que o objetivo desta tese é propor boas práticas no setor sucroenergético, que contribuam para a eficiência sistêmica agrícola e industrial da produção de açúcar e etanol. Ainda, foram definidos quatro objetivos específicos:

- i. Definir dois modelos de eficiência que contemplem o desempenho no campo e industrial;
- ii. Estabelecer a influência do campo a partir da definição de dois modelos de eficiência;
- iii. Identificar variáveis do processo agroindustrial que possam impactar diretamente na eficiência sistêmica das usinas;
- iv. Descrever as boas práticas, por meio das variáveis encontradas, que contribuam na melhoria da performance agrícola e industrial das usinas escolhidas.

1.3 Justificativa

Em uma indústria sucroalcooleira a produtividade e a eficiência são parâmetros fundamentais para a avaliação de perdas e desempenho do processo, sendo que a qualidade da matéria-prima reflete no desempenho dos processos de fabricação do açúcar e etanol, e afeta diretamente na qualidade do produto final (SANTOS; COLODETTE; QUEIROZ, 2013).

A eficiência industrial é o principal indicador de desempenho de uma usina de açúcar e etanol, que pode ser traduzida como sendo a porcentagem dos açúcares da cana que são recuperados e transformados em açúcar, etanol e outros produtos (SANTOS, 2016).

Já a eficiência agrícola está ligada ao fato de reconhecer as características pertinentes ao processo de desenvolvimento agrícola, levando em consideração o aproveitamento de área, a produtividade da cultura implantada e à otimização da utilização dos fatores de produção (SCHERER; PORSSE, 2017).

Assim, conhecer as eficiências agrícola e industrial de uma usina de açúcar e etanol, seus processos e suas variáveis de controle que contribuem para a eficiência técnica são importantes não apenas para a gestão agrícola e industrial como também para todo o setor sucroenergético, pois o incremento dessas eficiências pode significar a melhoria da competitividade e consequente sobrevivência, auxiliando atualmente, na diminuição da crise pela qual o setor está passando.

1.4 Contribuição Original da Tese

O controle do processo produtivo de uma usina de açúcar e etanol é complexo, existindo muitos pontos e variáveis de controle do mesmo. Dada a crise pela qual o setor está passando, a escassez de recursos financeiros e a queda da eficiência, conhecer as variáveis de processo agroindustrial que mais se relacionam com a eficiência sistêmica de uma planta sucroenergética pode representar uma contribuição a performance da usina e para setor sucroenergético.

Deve-se destacar também, que as usinas do setor sucroenergético carecem de uma maior atenção, investigação e desenvolvimento de pesquisas científicas sobre seus processos-chave de negócios por parte de pesquisadores de diversas áreas (IBRAHIM; ZAILANI; TAN, 2015; SILVA; DELBONI; GONÇALVES FILHO, 2020; SIMON et al., 2014).

Segundo Silva, Delboni e Gonçalves Filho (2020), esse aspecto da escassez de artigos científicos disponíveis para diversas áreas, apresenta uma oportunidade futura a ser explorada, de maneira a contribuir com o conhecimento dentro do setor registrado com a maior necessidade de produção científica.

Existe uma ausência de trabalhos com temas como Administração, Cadeia de Suprimentos, Logística e também para o próprio processo produtivo e os processos de negócios-chave das usinas sucroenergéticas, em detrimento a outras áreas como biologia, botânica, laboratórios, química, agricultura, entre outras, e por isso é uma lacuna real, que carece de desenvolvimento de pesquisas científicas (SILVA; DELBONI; GONÇALVES FILHO, 2020).

Desta forma, esta tese tem como principal contribuição o modelo de avaliação, por meio da análise DEA e análise das variáveis da produção de açúcar e etanol, utilizando a influência do campo (θ_c), que considera as eficiências agrícola e industrial mensuradas no processo produtivo de açúcar e etanol, contribuindo para o bom desempenho das usinas sucroenergéticas.

Uma segunda contribuição são as boas práticas indicadas por este modelo de influência do campo (θ_c), a partir da seleção das principais variáveis dos processos agrícola e industrial, indicando com mais precisão o aprimoramento das usinas para alcançar uma melhor eficiência sistêmica.

2 REFERENCIAL TEÓRICO

2.1 Importância da Cana-de-açúcar no Brasil

A importância socioeconômica da cultura da cana-de-açúcar (*Saccharum spp.*) para o Brasil é inquestionável, sendo a principal matéria-prima para a produção do etanol utilizado pelos veículos automotores, além da sua destinação para a produção do açúcar, um dos principais produtos de exportação nacional (DALCHIAVON et al., 2014).

A exploração agrícola foi incentivada no Brasil pelos portugueses, com o intuito de colonizar o país, utilizando a cana-de-açúcar para tal, visto que era uma cultura agrícola que os portugueses já dominavam técnicas, com equipamentos para engenhos, e ainda contavam com sua exploração nas ilhas do Atlântico (PEREIRA, 2012).

Segundo Furtado (1961), as exportações de açúcar brasileiro foram favorecidas, devido sua considerável importância no mercado internacional; sendo que foi o produto básico mais importante no fim do século XVI, ressaltando que se tratava do açúcar bruto, visto que o Brasil ainda não possuía refinarias ou engenhos que realizassem o processo de refinamento (PEREIRA, 2012).

Apenas no século XIX que as refinarias iniciaram os trabalhos no Brasil, lembrando ainda que era uma estrutura agroindustrial primitiva, centrada nos engenhos, onde, no mesmo local, combinava-se o cultivo da cana-de-açúcar e sua respectiva produção de açúcar (STRUM, 2012).

No século XX se iniciou o aumento da concorrência com outros mercados, como o açúcar produzido nas Antilhas, e o açúcar de beterraba europeu (SHIKIDA, 1997), estimulando a modernização de equipamentos e a divisão do processo produtivo entre área agrícola (cultivo da matéria-prima – cana-de-açúcar) e área industrial (fabricação do produto – açúcar) no Brasil, com a tentativa de se estabelecer na competição por mercados (PEREIRA, 2012).

Essa divisão resultou na usina de açúcar, já que os grandes engenhos centrais acumularam as atividades agrícola e industrial, em produção de larga escala (PEREIRA; SILVEIRA, 2016). Ainda, é possível estabelecer que as usinas compravam cana-de-açúcar de produtores rurais independentes, visto que essa estrutura existe até os dias atuais, sob forma contratual de parceria, fornecimento e arrendamento (NEVES; CONEJERO, 2010).

Essa dinâmica na estrutura baseada na usina representou uma fase marcante no setor, em vista de modernizar seu ciclo econômico agroindustrial, já que a qualidade da matéria-prima e o rendimento industrial melhoraram (ALBARELLI, 2013).

Outro fato importante para ser destacado é a Grande Depressão de 1929, que provocou queda nas exportações do açúcar brasileiro, sendo que a região Nordeste fosse a mais

prejudicada, já que era a maior fonte de suprimentos do mercado externo, e ainda, perdendo espaço interno para a crescente produção de cana-de-açúcar na região sudeste, que apostava na cultura após a queda produtiva do café (SHIKIDA, 1997).

Ainda, a região Nordeste apresentava baixo investimento em tecnologia e um processo produtivo lento, favorecendo a ascensão da região Centro-Sul, que além de ser mais modernizada, é uma região mais favorecida de consumidores, levando a uma reivindicação dos nordestinos perante o Estado, onde exigiam que o mesmo deveria controlar a oferta de açúcar com respectivas cotas de produção, acreditando que essa postura levaria uma garantia aos produtores, para que cada região tivesse um mercado cativo (SHIKIDA; NEVES; REZENDE, 2002).

Diante disso, o Governo Federal criou em 1933, o Instituto do Açúcar e do Alcool (IAA), em 1933, com o objetivo de realizar intermediações perante os interesses das classes (donos de engenho, usinas e fornecedores), com o intuito de planejar e disciplinar a economia açucareira (SZMRECSÁNYI, 1979).

Com o IAA, as usinas se depararam com uma nova situação: aumento da produção, produtores e usineiros em busca de terras com melhor fertilidade e localização, equipamentos modernos e a instalação de novas unidades produtivas, concentrando-se na região Centro-Sul, marcando as décadas 1940 e 1950 (SZMRECSÁNYI, 1979).

Progredindo na linha do tempo, na década de 50 foi constituída a Cooperativa de Produtores de Cana-de-Açúcar, Açúcar e Alcool do Estado de São Paulo (COPERSUCAR), aumentando a integração do complexo paulista canavieiro, estabelecendo a comercialização do açúcar pelas usinas integrantes, consolidando assim, a região Centro-Sul na agroindústria canavieira nacional (PEREIRA, 2012).

Com a expansão do setor, o IAA criou o Fundo Especial de Exportação (FEE), em 1965, que tinha como objetivo melhorar o escoamento da produção, por meio de incentivos às usinas, para melhorar sua competitividade, políticas favoráveis às fusões e incorporações (fábricas com baixa capacidade de produção deveriam ser fechadas ou incorporadas por usinas melhores), além da criação do Plano Nacional de Melhoramento de Cana-de-Açúcar – PLANALSUCAR – desenvolvida para pesquisas em melhorias na área agrícola e industrial (SHIKIDA; NEVES; REZENDE, 2002).

Em 1973 ocorreu o primeiro choque do petróleo, resultando na mobilização do governo brasileiro para promover a produção brasileira de etanol, criando assim o Programa Nacional do Alcool (PROÁLCOOL), no qual o Estado financiava massivamente a ampliação das usinas, por meio da construção de destilarias anexas às usinas (PEREIRA; SILVEIRA, 2016).

Com isso, é possível estabelecer que, historicamente, o desenvolvimento do setor sucroenergético foi auxiliado por uma combinação de boas condições edafoclimáticas, uma série de políticas públicas bem definidas ao longo da história da indústria, que resultaram em um grande aumento no número de usinas nas décadas de 1970 e 1980, e fortaleceram os fornecedores de máquinas e equipamentos para as fábricas, resultando na alta competitividade agrícola, industrial e produtiva (LIBONI et al., 2015).

Ainda, é necessário acrescentar que o Próalcool se estabeleceu devido aos questionamentos da necessidade de mudança da matriz energética mundial, mas o programa começou a ficar com recursos escassos a partir de 1985, perante a queda do preço do barril de petróleo, inesperado pelos usineiros, além de que o Brasil se encontrava em crise, fazendo com que ficasse inviável manter subsídios para as usinas e produtores (CASTRO et al., 2010).

No período de 1990 até 2001, a situação do setor foi se agravando, já que cotações internacionais do açúcar chegaram em níveis muito baixos, obrigando as usinas a adotarem novas estratégias competitivas (PEREIRA, 2012), mudando o foco do setor para o interior do complexo, como uma produção de açúcar e etanol especializada, produtos diferenciados, fusões e aquisições, e formação de grupos comercializadores de açúcar e etanol, aumentando a concorrência pela participação nos mercados, e diminuindo a competitividade por terras ou matéria-prima (RUVIARO et al., 2012).

Shikida, Azevedo e Vian (2011) relatam que a mudança de foco do setor resultou em um ambiente muito diversificado referente às práticas de gestão, observando a coexistência de empresas tecnologicamente atrasadas, menos eficientes, com empresas altamente desenvolvidas.

Ainda, é necessário retomar que o setor também foi reorientado sob a ótica da crescente pressão ambiental por fontes de energia mais limpas, destacando que a introdução de carros bicom bustíveis no Brasil, em 2003, retomou o fôlego que o setor sucroenergético brasileiro precisava perante à competitividade e sobrevivência (BASTOS, 2007).

Em 2016 foi feito um levantamento dos mais produtores de cana-de-açúcar do mundo, e analisando o Gráfico 3, é possível compreender a importância do Brasil no setor, que se encontra em primeiro lugar, com cerca de 510,9 milhões de toneladas produzidas (FOOD AND AGRICULTURE ORGANIZATION, 2016).

Gráfico 3 - Os 10 maiores produtores mundiais de cana-de-açúcar

Fonte: Food and Agriculture Organization (2016).

Ainda, no Gráfico 4, é apresentada a evolução da produtividade média de cana-de-açúcar, nos períodos de 2005 a 2020. É possível observar o forte crescimento da produtividade entre os anos de 2006 até 2009, depois uma queda drástica, onde sua recuperação foi se estabelecer por volta do ano de 2015, resultando em ganho de produtividade agrícola a partir deste período.

Gráfico 4 - Produtividade da cana-de-açúcar brasileira

Fonte: Conab (2020).

Sabe-se que as condições climáticas têm oscilado durante o ciclo produtivo da cana-de-açúcar, mas, de modo geral, foram favoráveis na maioria das regiões produtoras, especialmente no início do período de desenvolvimento, que apresentou bons índices de precipitações, somados com investimentos em tecnificação e melhorias de manejo também colaboram para maior alcance dos potenciais produtivos da cultura (CONAB, 2020).

Ainda, segundo Conab (2020), um exemplo é a área de primeiro corte em São Paulo, que cresceu 60% em relação à safra passada, visto que a expectativa é de crescimento no rendimento médio em comparação a 2019/20, devendo chegar a 77.293 kg/ha, aumento de 1,5% em relação à temporada passada.

A região Centro-Sul é de fato a maior produtora de cana-de-açúcar do Brasil, visto que apresentou uma área plantada na safra 2018/19 em torno de 10.498.520 hectares (Figura 3), com cerca de 57.270.010 toneladas de cana-de-açúcar no país (SAPCANA, 2018).

Ainda, as áreas plantadas distribuídas na região Centro-Sul do país se caracterizam por propriedades de diversos tamanhos, destacando-se propriedades de médio e grande porte, mas também é importante considerar produtores de pequeno porte, visto que, segundo Mendes e Urbina (2015), o desempenho das mesmas é mensurado de acordo com o nível gerencial dessas propriedades.

Segundo a Unica ([2018]), a cana-de-açúcar ocupa cerca de 6,17 milhões de hectares, distribuídos em 78,3% dos municípios do estado. Dos 40 Escritórios de Desenvolvimento Rural (EDRs), divisão administrativa de municípios considerada pela Secretaria de Agricultura e Abastecimento do Estado de São Paulo, 20 deles foram responsáveis por 85,0% da produção de cana-de-açúcar em 2017.

Figura 3 - Mapeamento da cana-de-açúcar no Brasil

Fonte: Sapcana (2018).

2.2 Atualização dos Derivados da Cana-de-açúcar

A cana-de-açúcar brasileira possui uma ampla variedade de produtos derivados, incluindo alimentos (açúcar e produtos relacionados), bioenergia (etanol e bioenergia), bioplásticos e até mesmo substâncias usadas em medicamentos (SCHEITERLE et al., 2018).

Ainda, a cana-de-açúcar é considerada uma das grandes alternativas para o setor de biocombustíveis devido ao grande potencial na produção de etanol; e além da destacada produção de açúcar, as unidades sucroenergéticas têm buscado operar com maior eficiência, até mesmo com geração de energia elétrica, auxiliando na redução dos custos e contribuindo para a sustentabilidade da atividade (SANTOS, 2017).

Em relação ao etanol, o Brasil sempre esteve em posição de liderança tecnológica, ocupando, atualmente, o primeiro lugar em produtividade deste biocombustível, principalmente derivado de cana-de-açúcar (GIMENEZ et al., 2018).

O Brasil lidera o *ranking* mundial de produção de etanol a partir de cana-de-açúcar, sendo que do total da produção desse biocombustível no mundo, Brasil e EUA produzem cerca de 90%, e ainda, este biocombustível pode substituir cerca de 13,7% do petróleo consumido no mundo (JAISWAL et al., 2017).

A tabela 1 relaciona alguns parâmetros que demonstram a maturidade tecnológica brasileira na produção de etanol quando comparados com os parâmetros dos países que são maiores concorrentes do Brasil, EUA e Alemanha.

Tabela 1 - Parâmetros da produção de etanol para diferentes matérias-primas

<i>Parâmetros de Produção</i>	<i>Cana-de-açúcar (Brasil)</i>	<i>Milho (EUA)</i>	<i>Beterraba (Alemanha)</i>
Índice de Balanço energético*	8,1 - 10	1,4	2,0
Custo de Produção (Euros/100 litros)	14,5	24,8	52,4
Redução da emissão de CO ₂ (%)	84	30	40
Área plantada (milhões de hectares)	3,4	8,1	0,5
Produtividade (litros/hectare)	6,7	4,2	5,5
Produção** (milhões de litros)	22,8	34,0	2,8

*Energia renovável produzida/energia fóssil usada na cadeia produtiva,

**Valores obtidos por (Área plantada) x (Produtividade).

Fonte: adaptado de Cardoso e Bittencourt (2014), Jaiswal et al. (2017), Macedo (2007).

A tabela 1 ilustra a liderança tecnológica brasileira, visto que o etanol derivado da cana-de-açúcar resulta em balanço energético muito mais favorável, pois produz de 8,1 a 10 vezes mais energia renovável do que utiliza em energia fóssil em toda a cadeia produtiva (desde a plantação da cana até a venda de etanol nos postos de combustíveis), e ainda possui o menor custo de produção e a maior redução na emissão de CO₂.

Segundo Chandel et al. (2018), um dos marcos para o uso do etanol como combustível ocorreu com a implantação do carro bicomcombustível, que se estabeleceu a partir de 2003, e permitiu que o consumidor tivesse a liberdade de escolher o combustível (preocupação econômica) e possibilidade de minimização da emissão de poluentes (preocupação ambiental).

Outro marco foi a implantação do Protocolo de Kyoto (que foi redigido em 1997, no Japão, e entrou em vigor no início de 2005), com o papel de relatar os principais países poluidores, expressando a preocupação com a qualidade de vida futura do nosso planeta, ordenando, que os países signatários deste protocolo, se comprometessem a reduzir suas respectivas emissões de gases causadores do efeito estufa na atmosfera (UNITED NATIONS, [2018]).

Assim, os avanços na cadeia produtiva do etanol no Brasil, durante mais de 40 anos (1975-2010), contaram com a contribuição da ciência brasileira – que foi decisiva para posicionar o país em condição de destaque no cenário internacional não apenas da produção de etanol, mas também da produção de açúcar (CHANDEL et al., 2019), sendo que na tabela 2 é possível conferir os indicativos desta evolução.

Tabela 2 - Parâmetros da cadeia sucroenergética no Brasil nos anos de 1975 e 2018

<i>Parâmetros</i>	<i>1975</i>	<i>2018</i>
ATR médio (kg/toneladas de cana)	100,00	137,00
Produtividade agrícola (toneladas de cana/ha)	46,8	72,6
Extração de caldo (%)	93,0	95,8
Tempo de fermentação (h)	16	6-12
Rendimento de fermentação (%)	82,0	92,5
Rendimento de destilação (%)	98,0	99,5
Rendimento total (%)	66,0	89,3
Preço (R\$/L)	2,052	1,696
Produção de etanol (m ³ /ano)	580,00	28.160,00

Fonte: adaptado de Brasil (2007), Cepea ([2018]), Cherubin (2018), Conab (2020), Leal (2010), Lopes et al. (2015).

Os números mais expressivos que representam os avanços durante este período são o aumento de 64% na produtividade agrícola; a redução de até 62,5% no tempo de fermentação; e o aumento de 48 vezes na produção anual de etanol. Além desses números, é possível citar a autossuficiência energética das usinas graças à energia elétrica produzida pela queima do bagaço; a possibilidade de vender energia elétrica excedente (ROSSATO et al., 2017).

Um dos parâmetros utilizados dentro do setor sucroenergético é o açúcar total recuperável (ATR), e segundo Fernandes (2011), a eficiência industrial pode ser medida pela

quantidade total ATR, que indica a capacidade de uma usina de transformar a matéria-prima em produtos finais, como o etanol e o açúcar.

O ATR representa a qualidade da cana-de-açúcar e sua capacidade de ser convertida em açúcar ou álcool por meio do método de transformação disponível em cada planta. É um índice utilizado para pagamento de fornecedores de cana-de-açúcar e uma forma de medir a eficiência industrial de uma planta (CONSECANA, 2006).

A maior parte das unidades sucroalcooleiras tem a possibilidade de direcionar o ATR produzido à produção de açúcar ou etanol, visto que essa variação ocorre por decisão da unidade em virtude da melhor rentabilidade (CONAB, 2020).

Ainda, segundo a Conab (2020), o preço do açúcar no mercado externo elevou a representatividade do produto no setor sucroalcooleiro nacional nas duas últimas safras, sendo que o percentual de destinação para o açúcar permanece acima de 45%, estimado em 47,1%, e superior à safra passada, que foi de 45,9%.

Como sinal de recuperação financeira do setor, já estão ocorrendo investimentos na renovação de plantações de cana-de-açúcar, com foco na expansão, e além disso, com base nos preços internacionais mais baixos do petróleo, o açúcar deverá ser relativamente mais rentável em comparação com o etanol (OECD; FAO, 2017).

A produção agroindustrial da cana-de-açúcar surgiu como um dos setores mais importantes nos países em desenvolvimento, devido à sua capacidade de produzir comida e energia limpa, sendo que o Brasil se tornou o maior produtor e exportador de açúcar em todo o mundo (CLAUDINO et al., 2016).

Desde os anos 70, o país respondeu a uma média de 45% das exportações mundiais de açúcar, além do pioneirismo em produção de etanol anidro e hidratado, mas, no entanto, a produção de diferentes produtos oriundos de um mesmo processo agrícola, ocasiona preços flutuantes e incertezas relacionadas ao fornecimento de açúcar e etanol (POP; ROVINARU; ROVINARU, 2013).

Ainda, há o sistema integrado de produção, escolhido devido à crise mundial do petróleo, na década de 1970, com a consequente criação do programa Proálcool e a urgência da expansão da produção de etanol, fez-se sentido anexar as usinas de cana-de-açúcar existentes (DIAS et al., 2015), decisão que até hoje afeta a capacidade de resposta da cadeia de suprimento para atender às demandas de ambos os mercados.

Atualmente, a produção de açúcar e etanol nem sempre é atrelada aos preços, uma vez que fatores como contratos anteriores e o nível de ATR presente na cana-de-açúcar colhida, são

aspectos relevantes levados em consideração pelos diretores das usinas (CLAUDINO et al., 2016).

Ainda também é importante destacar a integração horizontal, que vem acontecendo nas usinas, que podem ter optado por esta estrutura pela operacionalização e sinergia financeira, crescimento setorial acelerado, poder de mercado (posicionamento competitivo), eficiência gerencial, economia fiscal, realinhamento estratégico, e supervalorização de ações (CAMPAZ et al., 2018).

De maneira geral, a existência desse sistema faz com que a agroindústria canavieira do Brasil concentre preferencialmente sua produção no açúcar (mais rentável), mas sempre considerando o aumento dos carros *flex fuel* e as atuais pressões para a criação de energia limpa, fazendo com que as usinas reconfigurem constantemente suas prioridades (DIAS et al., 2011).

Assim, é necessário entender a importância da cultura de cana-de-açúcar, analisando que a sua queda na produtividade afeta os recursos financeiros, existindo o dever de saber onde investir, cujas informações são cruciais para a sobrevivência das usinas sucroenergéticas.

2.3 Processos Agrícola e Industrial das Usinas Sucroenergéticas

Segundo Marques (2009), tanto o açúcar quanto o etanol, assim como a bioeletricidade produzida pela queima do bagaço de cana, são produtos oriundos da cadeia produtiva sucroenergética.

O conhecimento da produtividade da cana-de-açúcar pode ser obtido pelos seus componentes tecnológicos e da produção, utilizando técnicas estatísticas que permitam estimá-la (DALCHIAVON et al., 2014).

Dewey e Lu (1959) foram os pesquisadores pioneiros a utilizar esta metodologia em plantas de trigo, destacando que os métodos de correlação linear e regressão múltipla foram os primeiros métodos a serem utilizados nas análises dos componentes da produção.

Lima (2012) afirmou que a utilização dos componentes tecnológicos (açúcares totais recuperáveis, percentual de sólidos solúveis totais, percentual de sacarose, pureza e percentual de fibra) e da produção (volume de colmos por hectare e população de plantas por metro quadrado), enquanto variáveis independentes, tanto linear quanto espacialmente, para estimar a produtividade da cana-de-açúcar (variável dependente), são ferramentas extremamente importantes, das quais os agricultores dispõem, uma vez que alterações nesses componentes são responsáveis diretos pelo ajuste da produtividade.

Em relação a tecnologia empregada em ambos processos, Donke (2016) cita a relevância dos processos agrícolas de melhoramento genético de plantas, uso de herbicidas e colheita

mecanizada, e Duarte (2017) cita os processos de extração do caldo utilizando-se moagem ou difusor, o sistema de limpeza da cana-de-açúcar à seco e o tratamento do caldo com a utilização de filtros como os mais relevantes para a produtividade.

A planta da cana-de-açúcar pode ser dividida em três partes: colmos (que concentram a sacarose), pontas e folhas, também conhecida como palha da cana, que atualmente é utilizada para cogeração de energia elétrica (SANTOS; BORÉM; CALDAS, 2010).

A exigência climática desta cultura agrícola é primeiramente quente e úmida, para germinação, formação de brotos e desenvolvimento vegetativo, e depois estação fria e seca, para maturação e acúmulo de sacarose nos colmos (LOPES, 2011).

Geralmente, o ciclo produtivo da cana-de-açúcar varia entre 5 a 7 anos, visto que depende do relevo e clima local, variedades genéticas e tratos culturais, e ainda, no fim do ciclo realiza-se a reforma do canavial, por rotação de culturas, com plantio de outras culturas (CÂMARA, 1993), aspecto importante para prover o descanso da terra e recuperar o nível de nutrientes do solo (VITTI; MAZZA, 2002).

A produção agrícola de cana-de-açúcar (Figura 4) conta com etapas básicas, iniciadas pela escolha do cultivar em relação às adaptações a características edafoclimáticas, tecnologia dos tratos agrícolas e épocas de colheita, e em seguida ocorre o preparo do solo, que pode ser convencional, preparo mínimo ou “sem preparo”, no caso do plantio direto (AGUIAR et al., 2014).

Figura 4 - Etapas do processo agrícola da cana-de-açúcar

Fonte: adaptado de Donke (2016).

O plantio é realizado aproximadamente a cada 6 anos por mudas cortadas e distribuídas nos sulcos, que serão propagadas vegetativamente, com período de crescimento de um ano ou um ano e meio até a maturação. Na condução de crescimento da cana, ocorre a fertilização de macronutrientes – nitrogênio (N), fósforo (P) e potássio (K) – e micronutrientes, e também são aplicadas a torta de filtro e a vinhaça, coprodutos gerados na etapa industrial de produção de etanol e açúcar, que serve, como complementação à fertilização do solo (BORODIN et al., 2016).

As plantas devem receber tratamento com aplicação de pesticidas, afim de protegê-las das principais doenças e pragas, e para uniformizar o período de colheita, podem ser utilizados maturadores e reguladores de crescimento (AGUIAR et al., 2014).

E finalmente ocorre a colheita, podendo ser manual, com queima prévia da palhada, ou colheita mecanizada, com ou sem queima da palha. Atualmente, a colheita manual está sendo substituída pela mecanizada sem queima prévia, de forma a reduzir os impactos socioambientais gerados pela queima da palhada (FILOSO et al., 2015).

Especificamente, essa substituição contribui para razões de ordem econômica e gerencial, em ordem de seguir a legislação que prevê a eliminação gradativa da queimada da cana-de-açúcar (GIMENEZ et al., 2018) e as perspectivas de exportação de etanol para mercados que estabelecem maiores exigências ambientais.

Para viabilizar a mecanização do corte e o transporte da cana, a colheita deve ocorrer após o período de chuvas, e ainda, não pode ser estocada, visto que a concentração de sacarose começa a diminuir imediatamente após o corte da planta (CARVALHO; ANTUNES; FREIRE, 2016). Na colheita manual, os colmos de cana são transportados inteiros até a usina, enquanto na colheita mecanizada a cana é cortada e picada pelas colheitadeiras e transportadas nessa condição (DONKE, 2016).

Posterior ao corte de cana-de-açúcar, a touceira que fica no chão recebe o nome de cana soca, que continua sua produção até seis anos, em média, até que o ciclo seja encerrado e assim realiza-se um novo preparo de solo, sendo esta atividade chamada de reforma (AGUIAR et al., 2014).

Conforme Scheidl et al. (2015) o modelo de processo de produção 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.

Já nas atividades industriais, no interior das usinas e destilarias, e nas atividades administrativas e de apoio, as mudanças tecnológicas e gerenciais tenderam a ser mais significativas no início dos anos 1990 (LUO; VAN DER VOET; HUPPES, 2009).

Neste sentido, operações do processamento industrial da cana-de-açúcar foram informatizadas e automatizadas, o mesmo correndo com atividades administrativas, além de se terceirizarem serviços como os de manutenção de máquinas, de limpeza e de segurança (BACCARIN; GEBARA; BORGES JÚNIOR, 2011).

Segundo Dias et al. (2015), a Figura 5 sintetiza as principais etapas do processo de produção de açúcar e etanol, analisando-o sob a perspectiva das vantagens na eficiência técnica em função de processos e operações conjuntas que envolvem os dois produtos.

Figura 5 - Etapas do processo de produção de açúcar e etanol

Fonte: adaptado de Dias et al. (2015).

Sabe-se que o processo de produção de uma usina de açúcar e etanol pode ser dividido em 3 fases distintas, sendo uma primeira fase comum aos dois produtos, uma segunda fase de produção de açúcar e uma terceira fase de produção de etanol (DIAS et al., 2015). Ao longo deste processo de fabricação, ocorrem atividades de análise e mensuração dos dados do

processo, possibilitando a criação de indicadores de desempenho do mesmo, visando a tomada de decisão dos gestores industriais (FERNANDES, 2011).

Há dois produtos básicos oriundos da produção de etanol: etanol anidro, utilizado na mistura com gasolina, e etanol hidratado, utilizado diretamente como combustível veicular e também como substrato para a fabricação de álcool industrial fornecido para a indústria química (DIAS et al., 2015).

É necessário lembrar que a usina precisa de matéria-prima de alta qualidade, para extrair o máximo de caldo na moagem da cana, visto que a qualidade está ligada com o manejo agrícola e industrial, além da cana-de-açúcar ser recebida na indústria com a menor quantia de impurezas possível (SANTOS; BORÉM; CALDAS, 2010).

O etanol de cana-de-açúcar brasileiro é feito por meio da fermentação do caldo oriundo da moagem da matéria-prima, e suas etapas de fabricação são divididas nos processos de extração do caldo, preparo do mosto, preparo do fermento, fermentação, destilação, retificação e desidratação (CARVALHO; MONTEIRO, 2011).

Analizando os processos ocorridos na indústria, antes do descarregamento da cana-de-açúcar, ocorre a coleta de dados relativos ao teor de sacarose e tempo de chegada na usina (MARQUES; MARQUES; TASSO, 2001). Após a recepção, inicia-se o processo de moagem e extração do caldo, visando a extração dos açúcares através de moendas ou difusores (PALACIOS-BERECHÉ; ENSINAS; NEBRA, 2011).

O caldo extraído deve ser tratado, retirando-se as impurezas orgânicas e minerais, através dos processos de sulfitação à quente, calagem e decantação (MORAES; BACCHI; CALDARELLI, 2016). Ao fim do processo de tratamento, o caldo é enviado à produção de açúcar e/ou etanol (OMETTO; HAUSCHILD; ROMA, 2009).

Para a produção de açúcar, o caldo tratado é submetido a um processo de evaporação e, sequencialmente, direcionando-o ao processo de cozimento, ocasionando a cristalização da sacarose (PELLEGRINI; OLIVEIRA JUNIOR, 2011). Esta solução, denominada massa cozida, é descarregada nos centrifugadores, ocorrendo a separação do mel dos cristais pelo efeito da força centrífuga, e o açúcar resultante é enviado para operações finais onde se realiza a secagem, classificação, acondicionamento e armazenamento (RENOUF; WEGENER; PAGAN, 2010).

Para a produção de etanol, as plantas que fabricam açúcar e etanol usam uma mistura de melaço e caldo para a preparação do mosto, sendo que este mosto é enviado para as cubas de fermentação, no qual açúcares são transformados em etanol e enviado para os centrifugadores para recuperar a levedura (FERNANDES, 2011).

Após este processo é enviado para colunas de destilação onde o etanol do caldo é recuperado, ocorrendo, além da destilação, a retificação e desidratação, obtendo-se o etanol hidratado, que pode ser adicionalmente desidratado usando um agente de desidratação, produzindo-se, finalmente, o etanol anidro (PELLEGRINI; OLIVEIRA JUNIOR, 2011).

O setor de cana-de-açúcar tem passado por uma profunda crise nos últimos anos após expansão da cultura para regiões sob recursos ambientais limitados, que entre outros aspectos que contribuem para essa crise, estão mudanças no sistema de cultivo de culturas, como a intensificação da mecanização, a pressão das leis trabalhistas, o aumento de custos e a redução de custos remuneração (CARDOZO et al., 2020).

Ainda, Cardozo et al. (2020) afirmam que a consequência desses problemas tem sido para estender a janela de colheita para meses que são agronomicamente limitantes como um meio de reduzir os custos fixos, sendo que a colheita da cana-de-açúcar foi realizada entre maio e outubro/novembro antes da expansão, as colheitas de hoje são iniciadas em março/abril e se estendem até dezembro, resultando em uma capacidade de esmagamento, nos meses intermediários de colheita, reduzida, gerando em um desequilíbrio na produção, com efeitos adversos sobre o rendimento da cana crua e da qualidade do caldo.

Dada a complexidade da cadeia produtiva do setor sucroenergético, destaca-se a importância de estudos aprofundados a jusante ou a montante da indústria, ligados principalmente a temas que podem contribuir com o aumento de ganhos de eficiência na indústria e agricultura e, portanto, melhorar o desempenho das usinas.

2.4 Eficiência

A fronteira de produção (ou função de produção ou tecnologia) pode ser definida como, a máxima quantidade de produtos que podem ser obtidos dados os insumos utilizados (BRUNETTA, 2004). Ainda, o termo produtividade refere-se genericamente à relação produto-insumo de um processo de produção considerado, sendo que uma medida de produtividade deve incorporar os efeitos da tecnologia e da eficiência, sendo que os diferenciais de produtividade derivam das diferenças na tecnologia de produção, das diferenças de eficiência do processo produtivo e das diferenças de ambiente onde ocorrem os processos produtivos (SOUZA; WILHELM, 2009).

Souza e Wilhelm (2009) definem que a eficiência produtiva de um sistema de produção pode ser definida como o quociente entre relação produção-consumo observada e a relação produção-consumo ótima, e quando este ótimo se refere ao conjunto de possibilidades de produção, a eficiência é técnica e diz respeito às relações físicas entre produtos e insumos.

Farrell (1957) foi um dos pioneiros nos estudos sobre eficiência, e originalmente a teoria, baseada nas teorias de Debreu (1951), fez a relação entre *output* e *input*, que é a relação da quantidade produzida de certo produto com a quantidade consumida de certo insumo, utilizando duas variáveis X e Y para indicar a quantidade de dois insumos para produzir uma variável A de produto.

A função de produção é apresentada na Equação 1:

$$A = f(x, y) \quad (1)$$

é linearmente homogênea dessa forma as informações importantes são representadas em uma isoquanta SS' . Uma firma que está fora da curva SS' não é eficiente porque utiliza mais insumos para produzir a mesma quantidade do que uma firma que está dentro da curva (Gráfico 5).

Gráfico 5 - Conceito de eficiência

Fonte: Farrell (1957).

Dito isso, a eficiência técnica é definida como a habilidade de uma empresa produzir o máximo produto para um dado conjunto de insumos e tecnologia, e o seu ponto ótimo é um conceito teórico de função de produção, que define a produção máxima possível para um conjunto de insumos consumidos, ou então ao conceito de isoquanta que define os pontos geométricos que permitem o consumo mínimo de insumos para um dado nível de produção (SOUZA; WILHELM, 2009).

De maneira geral, a eficiência técnica, conhecido um nível de consumo de insumos, pode ser entendida como a relação produção observada e a produção máxima observada, sendo

que Farrel (1957), considera um processo produtivo tecnicamente eficiente, no qual se utiliza menos insumos para um mesmo nível de produção que outros processos, ou a menor quantidade de um insumo com os demais permanecendo no mesmo nível utilizado pela concorrência.

Esta eficiência pode ser demonstrada através da relação matemática entre as funções maximizar os dados de saída, *outputs*, e minimizar os dados de entrada, *inputs*, tal como a Equação (1).

$$Eficiência = \frac{f(max)Dados\ Produzidos}{f(min)Insumos\ Utilizados} \quad (1)$$

Mudanças na eficiência técnica são fontes de produtividade e crescimento, sendo importante para identificar os fatores que são responsáveis pela estagnação da produtividade e para a adoção de medidas adequadas pelas organizações e governos para melhorar a produtividade.

O conceito de eficiência retoma a condição de equilíbrio na qual há a maximização da capacidade econômica sem o prejuízo de outros fatores, podendo a eficiência ser calculada através de expressões matemáticas e comparar o nível de sistemas produtivos, cuja capacidade de maximizar a produção não altera a produção dos demais produtos (PARETO, 1897).

Charnes, Cooper e Rhodes (1978) adaptaram às organizações produtivas o mesmo conceito de eficiência criado por Pareto, sendo que é uma medida utilizada para comparar a relação entre o uso de insumos e produtos obtidos em unidades produtivas.

Assim, no gráfico 6 é possível verificar a fronteira de produção, considerando que uma função de produção no qual um insumo (x) é usado para produzir um produto (y). A curva F' representa a fronteira de produção, relacionando o insumo com o produto. Assim, a curva F' reflete a situação atual de tecnologia na indústria, sendo que empresas que estiverem sobre a fronteira, podem ser consideradas tecnicamente eficientes, e empresas que estiverem sob a curva, não são tecnicamente eficientes.

Um exemplo é o ponto A, que representa uma unidade produtiva não eficiente, visto que, tecnicamente, poderia aumentar seu produto para o nível relacionado ao ponto B, sem precisar aumentar o volume de insumos. Já os pontos B e C representam unidades produtivas eficientes, para diferentes níveis de insumos.

Gráfico 6 - Embasamento teórico utilizando modelagem DEA

Fonte: Ferreira e Gomes (2009).

Ainda, a análise DEA abrange o conceito de mudança tecnológica, visto que é possível comparar produtividades em um determinado período, sendo que a mudança de tecnologia pode deslocar a fronteira de produção (PEREIRA; SILVEIRA, 2016).

Para Xavier et al. (2014), a eficiência é um importante conceito da teoria neoclássica, a qual pode ser analisada de diferentes formas, sendo que para uma organização, seu estudo é de grande relevância para a determinação de viabilidade, uma vez que se relaciona ao problema de alocação ideal de recursos.

Com isso, em um ambiente competitivo, espera-se que organizações pouco eficientes sejam substituídas por outras mais eficientes, fazendo com que as organizações que ficam na fronteira da eficiência sobrevivam (CACERES, 2004).

Logo, é interessante que o empresário (tomador de decisão) saiba o nível de eficiência de sua organização em relação a outras no mercado, e um método utilizado é a Análise Envoltória de Dados (DEA).

O método DEA é relativamente recente e tem sido amplamente usado nos mais variados estudos sobre eficiência das Unidades de Tomada de Decisão (DMUs), tendo sido notado que esse método tem fornecido informações mais precisas acerca das atividades, representando um avanço na análise de eficiência (COOPER; SEIFORD; TONE, 2007).

DEA é um método para avaliar a relação de eficiência entre DMUs, tais como: escolas, bancos, seguradoras e usinas (ALLEN; THANASSOULIS, 2004). Essas unidades convertem em quantidades variáveis o mesmo conjunto de entradas (*inputs*) para uma mesma quantidade de saídas, conforme ilustrado na figura 6.

Figura 6 - Elementos da DMU

Fonte: Pimentel (2014).

A classificação relativa da eficiência gerada pelo DEA em relação a uma DMU é definida como a razão entre a soma dos seus níveis de saída, ponderado com a soma dos seus níveis de entrada ponderado (DUARTE, 2017).

De maneira frequente, o modelo DEA é utilizado para calcular a eficiência técnica das DMUs, que exige dados quantitativos dos insumos e produtos, que identifica DMUs *benchmarks* e pode agrupá-las, já que, organizando-as em ordem decrescente, pode-se estabelecer um *ranking* (MELLO, 2003).

Ainda, Mello (2003) afirma que a mensuração da eficiência técnica é baseada na determinação de níveis ótimos, em que níveis de insumos e produtos são comparados com a finalidade de obter uma razão da eficiência.

Pimentel (2014) afirma que a escolha entre uma técnica paramétrica ou não paramétrica depende do tipo de problema, das variáveis, da correlação entre as variáveis, a quantidade de *inputs* e *outputs* e a quantidade de DMUs influenciam. E Falsarella Junior (2014), ao comparar as duas abordagens, destaca as principais diferenças entre as técnicas paramétricas e as não paramétricas, conforme pode ser observado no quadro 1.

Quadro 1 - Diferenças entre as categorias paramétrica e não paramétrica

Grupo	Paramétricas	Não-paramétricas
Baseada	Na determinação da função produção	Na construção empírica da fronteira de eficiência
Alta correlação de <i>inputs</i> e <i>outputs</i>	Não é necessária	Necessária
Outliers e ruídos	Menos sensíveis	Mais sensíveis
Testes estatísticos	Possibilitam	Não possibilitam
DMUs necessárias	Mais	Menos
Técnicas presentes	Fronteira Estocástica, Distribuição Livre, Fronteira Densa	Análise Envoltória de Dados, Livre Disposição de Envoltória e Números Índices
Restrições	Devem ser utilizados em análises com um único <i>output</i>	Podem ser utilizados com múltiplos <i>inputs</i> e <i>outputs</i>

Fonte: Falsarella Junior (2014).

Para a mensuração da eficiência técnica, utiliza-se o modelo DEA, que é uma técnica de fronteira não paramétrica, inicialmente desenvolvida por Charnes, Cooper e Rhodes (1978). O benefício e a escolha que o uso da técnica traz é a possibilidade de medir a eficiência de múltiplos insumos e / ou saídas, fornecendo o nível de ineficiência, informações sobre quanto mais DMUs são necessários para serem produzidos para se tornarem eficientes e a maximização através da combinação de saídas, e ainda, a técnica também exige que as DMUs sejam homogêneas para que a análise não seja prejudicada (COOPER; SEIFORD; ZHU, 2011).

Melhorando a técnica de Pareto, o modelo inicial proposto recebeu o nome de retorno constantes de escala (CRS) conhecido como Charnes-Cooper-Rhodes (CCR) e não diferenciou os ganhos de escala das DMUs (CHARNES; COOPER; RHODES, 1978). Posteriormente, Banker, Charnes e Cooper (1984) propuseram os retornos variáveis à escala (VRS) conhecidos como modelo de Banker-Charnes-Cooper (BCC), que difere do modelo anterior na consideração do ganho de escala em diferentes níveis de produção. A formulação de ambos os modelos pode ser representada de acordo com a Tabela 3.

Tabela 3 - Comparação entre abordagens DEA

<i>Orientação DEA BCC</i>		<i>Orientação DEA CCR</i>	
Max $\theta_o = \sum_{i=1}^n v_i x_{ki} + v_k$	(1)	Max $\theta_o = \frac{\sum_{r=1}^s u_r Y_{ro}}{\sum_{i=1}^m v_i X_{io}}$	
Limites:		Limites:	
$\sum_{r=1}^m u_r y_{rk} = 1$	(2)	$\frac{\sum_{r=1}^s u_r Y_{rj}}{\sum_{i=1}^m v_i X_{ij}} \leq 1$	
$\sum_{r=1}^m u_r y_{jr} - \sum_{i=1}^n v_i x_{jr} - v_k \leq 0$	(3)	$u_r, v_i \geq 0; j = 1, \dots, n; r = 1, \dots, s; i = 1, \dots, m$	
$r = 1, \dots, m;$		θ_o : produtividade de uma dada DMU;	
$i = 1, \dots, n;$		Y_{rj} : <i>outputs</i> do modelo;	
$j = 1, \dots, n;$		Y_{ro} : quantia de saída I da DMU em análise	
$u_r, v_i \geq 0;$		X_{ij} : <i>inputs</i> do modelo.	
$\forall x, y; u \in R$		X_{io} : quantia de <i>input</i> I da DMU em análise	
		$u_r, v_i \geq 0$: peso a ser definido	
		s: número de <i>outputs</i>	
		m: número de <i>inputs</i>	

Fonte: adaptado de Marcusso (2017).

Tanto o modelo CCR quanto o modelo BCC da análise envoltória de dados tem como opções a orientação *input* ou *output*. Na orientação a *input*, o modelo busca minimizar a quantidade de *inputs* utilizados no processo mantendo o mesmo nível de *output* produzido, sendo esse modelo aplicável, por exemplo, em análises de redução de custos; já a orientação a *output* visa à maximização da quantidade de *outputs* produzidos, mantendo a mesma quantidade de insumos utilizados no processo (THANASSOULIS, 2003).

Embora a técnica DEA permita determinar as usinas eficientes e ineficientes em função dos *inputs* e *outputs* utilizados, assim como agrupá-las em melhores usinas do setor, torna-se necessário uma análise qualitativa para descobrir as principais variáveis tecnológicas, edafoclimáticas e de mercado que levam a tal resultado.

Assim, a eficiência de uma unidade produtiva sucroenergética pode ser obtida por meio de pontos, tanto na área agrícola, como uso da terra, colaboradores e tecnologia investida, assim como na área industrial, como obtenção de maior índice possível de extração de açúcares, colaboradores e tecnologia utilizada nos processos de obtenção de açúcar e etanol.

Logo, analisando a cadeia produtiva da cana-de-açúcar, em particular usinas de açúcar e etanol, e definindo se uma usina é considerada eficiente em relação às demais, ela contribuirá para a definição de estratégias adequadas para esse setor.

2.5 Processo agroindustrial: variáveis relacionadas à eficiência

A melhor maneira para validar as boas práticas, após o levantamento e processamento dos dados, é a abordagem de ponderação, utilizando julgamentos pessoais ou coletivos ao entrevistar um painel de especialistas e tomadores de decisão em seu campo relacionado (SAWAENGSAK et al., 2019).

Assim, é importante destacar nesta pesquisa a realização da consulta com especialistas, pertencentes à uma empresa do setor sucroenergético, que oferece soluções relacionadas à redução de perdas, aumento de rendimento e eficiência industrial, redução de custos e melhoria da qualidade do açúcar, etanol e derivados produzidos no Brasil e no exterior.

Os especialistas consultados confirmaram a importância das variáveis encontradas na análise DEA dois estágios e ainda incluíram variáveis explicativas importantes para observação, que estão no referencial teórico, mas não estão disponíveis na base de dados utilizada nesta pesquisa, mas que devem permanecer citadas, visto o caráter explicativo deste estudo.

2.5.1 Manejo de solo

A qualidade do solo, quando controlada, promove um bom desenvolvimento da cultura de cana-de-açúcar, tendo em vista que a maior parte da produção agrícola sucroenergética é mecanizada, resultando no aumento da produtividade, mas modificando a estrutura do solo em diferentes escalas (SCARPARE et al., 2019).

Historicamente, o preparo do solo é realizado antes do plantio da cana para aliviar a compactação do solo, e neste processo um possível caminho é fazer o preparo de solo convencional (BARBOSA et al., 2019), que envolve a subsolagem, operações de subsolagem e aração, ocasionando oxidação mais rápida de matéria orgânica (AWE; REICHERT; FONTANELA, 2020), reduzindo a estabilidade do solo (PIRES et al., 2017) e quebrando o ciclo de decomposição da matéria orgânica (ISSAKA et al., 2019). Estudos indicam que os benefícios do preparo do solo são pouco persistentes nos canaviais, desaparecendo nos primeiros anos de produção (CHERUBIN et al., 2016; GUIMARÃES JÚNNYOR et al., 2019; LIMA et al., 2017).

Outro caminho é utilizar métodos de plantio direto para conservação, onde os resíduos da cultura permanecem no solo, possibilitando o controle da erosão (SINGH et al., 2018), preservando a qualidade física do solo (BLANCO-CANQUI; RUIS, 2018), e sustentando maior ciclagem de nutrientes e seqüestro de carbono (TENELLI et al., 2019).

Embora os benefícios do plantio direto sejam amplamente reconhecidos nas culturas anuais, a adoção nos canaviais continua desafiadora, principalmente porque a cana-de-açúcar é uma cultura semi-perene com tráfego intenso de máquinas pesadas durante todo o ciclo da colheita (BARBOSA et al., 2019).

Com isso, Barbosa et al. (2019) concluem em estudo comparativo entre preparo de solo convencional e plantio direto, com a cultura de cana-de-açúcar, que melhores práticas de gestão que reduzem os efeitos adversos de atividades intensivas a mecanização, incluindo o plantio direto associado ao controle de tráfego, e é imperativa para promover a melhor qualidade física do solo e evitar limitações nas condições para o crescimento adequado das plantas.

2.5.2 Chuva

De acordo com Marin (2014), os principais componentes climáticos que controlam o crescimento, a produção e a qualidade da cana-de-açúcar são a disponibilidade hídrica adequada e bem distribuída, seguida de meses relativamente secos, indispensáveis à formação de sacarose, a radiação solar e a temperatura do solo e do ar.

Monteiro e Sentelhas (2017) afirmam que o consumo hídrico pela cana-de-açúcar também varia em função do estágio fenológico, ciclo da cultura, condições climáticas e da água disponível no solo.

Os níveis de produção da cana-de-açúcar são extremamente dependentes das condições meteorológicas, sendo que, tradicionalmente a cana-de-açúcar é cultivada em sistema de sequeiro no Estado de São Paulo (PINTO et al., 2018), exigindo 1200 a 1300 mm anuais de precipitação bem distribuídos durante o período vegetativo com período frio e seco (3 a 4 meses) para garantir a maturação da cultura (DIAS; SENTELHAS, 2018).

Assim, manter a umidade adequada no solo durante todo o período de crescimento é importante para se obterem os rendimentos potenciais da cultura, visto que o crescimento vegetativo é proporcional à água transpirada pela mesma (CARVALHO; ANTUNES; FREIRE, 2016).

Desta forma, o déficit hídrico é um dos principais fatores que prejudicam a produção da cultura, principalmente em fase inicial de brotação e durante fase de crescimento vegetativo intenso (BASNAYAKE et al., 2015).

Ainda, a importância da variável chuva pode ser relacionada ao fato de que no processo agrícola, a ausência de chuva, juntamente com a transição para o sistema de colheita mecanizada, elevou a quantidade de impurezas minerais e vegetais levadas do campo à indústria, ocasionando dificuldade na manutenção da qualidade do produto final (MONTEIRO, 2009).

2.5.3 Temperatura

Miranda et al. (2020) afirmam que as condições climáticas, as propriedades físicas, químicas e microbiológicas do solo, tipo de cultivo, variedade, estágio de maturação, entre outros, interferem na composição química da cana-de-açúcar, ou seja, na sua qualidade industrial.

Como a maioria das gramíneas, a cana-de-açúcar apresenta elevada eficiência na utilização e resgate de CO₂ da atmosfera, é adaptada às condições de alta intensidade luminosa e altas temperaturas (FERREIRA et al., 2017).

Em relação à temperatura, Sentelhas e Pereira (2019) afirmam que o clima ideal para a cana-de-açúcar é aquele que apresenta duas estações distintas: quente e úmida, para proporcionar a germinação, perfilhamento e desenvolvimento vegetativo, seguido de outra fria e seca, para favorecer a maturação.

A temperatura máxima e mínima do ambiente, se destacam, pois, corroboram de acordo a literatura. Dos elementos climáticos, a temperatura é uma das variáveis mais importantes para a produção de cana-de-açúcar, visto que a planta, geralmente, produz em regiões com temperatura média de verão de 35°C (MARIN, 2014).

2.5.4 Cultivares

O melhoramento genético desempenha um papel importante no aumento da produção de cana-de-açúcar, levando em consideração características como resistência a doenças e capacidade de corte na colheita, sendo que a prioridade é aliar esses elementos com o alto teor de açúcar no colmo da planta (DUMONT et al., 2019).

No Brasil, os programas de melhoramento genético da cana-de-açúcar tradição são quatro: Instituto Agrônômico de Campinas, que desenvolve cultivares da sigla IAC; Rede Interuniversitária para Desenvolvimento do Setor Sucroenergético (Ridesa), que desenvolve cultivares da sigla RB; Centro de Tecnologia Canavieira, que desenvolve cultivares da sigla CTC, que incorporou o programa das cultivares SP da Copersucar; e a empresa CanaVialis, que trabalha em conjunto com a Allelyx, empresa dedicada ao desenvolvimento de variedade transgênicas não comerciais, sendo as duas últimas empresas privadas operando totalmente com recursos supridos por seus mantenedores - cerca de 176 usinas e associações de plantadores de cana (MORAIS et al., 2015).

Além de alavancar a produção de açúcar e etanol, o melhoramento genético possibilita a produção de bioenergia de cana-de-açúcar evitando o uso de áreas de preservação florestal e produtoras de alimentos, aumentando a diversificação de produtos derivados da biomassa da cana-de-açúcar, transitando para uma bioeconomia de baixo carbono (SOUZA; MACIEL FILHO, 2016).

Há duas possíveis vertentes ao associar canas transgênicas com o manejo varietal na produção agrícola: busca do aumento da tonelada de Pol por hectare (TPH), resultado entre a produtividade agrícola (tonelada de cana por hectare) com a qualidade da cana (percentual de pol. da cana), assim como um desenvolvimento focado em variedades de cana concebidas para fins energéticos, relacionando variedades de cana otimizadas para a máxima produção de energia (SOUZA et al., 2019; VERMA et al., 2019).

2.5.5 Práticas Agrícolas

O plantio de cana-de-açúcar é caracterizado como monocultura, visto que o ciclo produtivo pode variar de 5 a 10 anos (URASHIMA et al., 2020). Devido a produção contínua,

pode ocorrer o declínio da produção, devido a maior incidência de pragas, plantas invasoras, e alterações nas propriedades físicas, químicas e biológicas do solo (VUYYURU et al., 2019). Ao levar isso em consideração, é necessário para o bom desenvolvimento da cultura ao longo dos anos, o uso de adubos, herbicidas e inseticidas.

A aplicação de fertilizantes químicos no fornecimento de nutrientes na cana-de-açúcar está aumentando, visando maiores rendimentos, mas o uso indiscriminado prolongado de produtos químicos, no entanto, pode resultar em riscos à saúde humana e do solo, além de poluição ambiental (SHUKLA et al., 2019), por isso uma saída para a nutrição de solos, além de obedecer as doses necessárias de fertilizantes químicos, é a utilização de adubo orgânico, como a torta de filtro e a vinhaça, que são resíduos do processo industrial da cana (DUTENKEFER et al., 2018).

No cultivo da cana-de-açúcar, o controle de plantas daninhas pode ser realizado com herbicidas com vários mecanismos de ação, sendo que as principais opções são os compostos de diuron; 2,4-D; hexazinona e sulfometuron-metil, que são amplamente utilizados para controlar gramíneas e ervas daninhas amplas na pré e pós-emergência (PPDB, 2019). Esses herbicidas têm um extenso período residual no solo, controlando as ervas daninhas por um longo tempo após sua aplicação, mas existe um risco ambiental associado a herbicidas com períodos residuais mais longo, causando contaminação do solo e da água nos lençóis freáticos (SILVA, T. S. et al., 2019).

O glifosato é um dos herbicidas mais utilizados na cana-de-açúcar, e variedades resistentes a herbicidas são um avanço científico que revolucionaram o controle de plantas daninhas, visto que podem até melhorar o rendimento da cana, sendo uma nova estratégia para remover as ervas daninhas das culturas (KHAN et al., 2019), além de utilizar o manejo integrado de plantas daninhas, que engloba o mapeamento do solo, via satélite, e a escolha adequada de estratégias de controle, otimizando o sistema de produção no campo, evitando desperdícios e contaminações (RIGHETTO et al., 2019).

O controle de pragas eficaz tornou-se essencial para melhorar o rendimento e a qualidade da cana-de-açúcar, e conseqüentemente, o uso de inseticida é feito em vários estágios do cultivo, o que geralmente causa acúmulo de resíduos nas lavouras, levando a sérias questões de segurança alimentar e ambientais, sendo necessário esforços consideráveis para a análise de resíduos de pesticidas nos produtos (WANG; WU; CHEN, 2019).

No passado, a queima anterior à colheita da cana era uma forma de profilaxia contra a incidência de pragas importantes, como a cigarrinha (*Mahanarva fimbriolata*) e o esfenóforo (*Sphenophorus levis*) (CASTRO et al., 2019). Hoje em dia, com a colheita mecanizada, o

controle de pragas fica à cargo do uso de inseticidas químicos e bioinseticidas, sendo este muito utilizado contra a broca (*Diatraea saccharalis*), outra praga importante para o controle (DAQUILA et al., 2019).

2.5.6 Broca da cana-de-açúcar

A cana-de-açúcar pode ser atacada por várias pragas de insetos, entre as quais *Diatraea saccharalis* se destaca, popularmente conhecida como broca da cana, sendo uma das principais pragas que atacam a cana-de-açúcar (SABINO et al., 2019).

A incidência desta praga na cultura causa perda de peso dos colmos, com consequente tombamento pelo vento, secamento dos ponteiros, podridão vermelha do colmo, causada pelos fungos *Colletotrichum falcatum* e *Fusarium moniliforme*, que penetram pelos orifícios do colmo e invertem a sacarose, diminuindo a pureza do caldo (DINARDO-MIRANDA; FRACASSO, 2013).

Apesar da implantação de estratégias de controle químico e biológico, a broca causa perdas financeiras, sendo que é estimado que em 1% dos colmos atingidos pela broca da cana-de-açúcar, ocorre a perda de 0,2-1,1% em produção, visto que, na região Centro-Sul do Brasil, a taxa típica de dano por essa praga é de 3%, representando uma perda de cerca de 300 kg ATR por hectare (CRISTOFOLETTI et al., 2018).

A evolução das técnicas de manejo de *D. saccharalis* ressalta a tendência do manejo integrado de pragas, com o foco mudando do uso prescrito de inseticidas para um sistema mais holístico, incluindo o uso de controle biológico e manejo varietal, reduzindo os custos de insumos e conservando importantes processos ecológicos que continuarão a ajudar no manejo desta praga (REAGAN; MULCAHY, 2019).

2.5.7 Operações de colheita

A colheita manual da cana-de-açúcar tem sido substituída pela mecanizada, conhecida como colheita da cana crua no Brasil (LISBOA et al., 2017). Geralmente utiliza-se um monitor de produtividade da colhedora (sendo esta responsável pelo corte e processamento em uma linha ou duas linhas), e este monitor coleta dados da produção, e consequentemente, gera mapas em alta resolução (MALDANER; MOLIN, 2020).

A colheita da cana crua resulta grandes quantidades de resíduos (de 7 a 30 Mg ha⁻¹) que retornam para a superfície do solo em cada colheita, provendo muitos benefícios como aumento da matéria orgânica, acúmulo de água, controle de infestação de pragas e erosão do solo (SAMPAIO et al., 2019). Recentemente, a palha que fica no solo após a colheita foi identificada

como uma promissora matéria-prima de produção bioenergética, como bioeletricidade e etanol celulósico (SILVA, A. G. B. et al., 2019).

Entretanto, essa grande quantia de resíduos no solo, além de oferecer riscos de incêndios, pode também aumentar a proliferação de pragas, resultando em uma vagarosa brotação da cana, comprometendo o desenvolvimento do próximo corte (CASTIONI et al., 2019).

2.5.8 Impurezas

A eficiência das usinas é influenciada pelas impurezas, e segundo Ogando et al. (2019), como há um maior nível de impurezas ao final da colheita, é possível verificar que a quantidade de perdas no final da safra é maior que no início, na qual a matéria-prima é de melhor qualidade porque possui baixa quantidade de impurezas.

Com o avanço tecnológico, a colheita mecanizada ocasionou diversos desafios, dentre eles está o aumento das impurezas vegetais, que são compostas de palha, daninhas e ponteiros, e as impurezas minerais, compostas por terra e pedrisco (KADWA; BEZUIDENHOUT, 2015), assim, quanto menor o índice de impurezas, melhor para o campo e a indústria.

Além disso, matéria-prima com excesso de impurezas é considerada de má qualidade, visto que ao ser processada, é necessário reduzir a velocidade de trabalho e utilizar uma maior quantidade de insumos, ocasionando baixo rendimento das usinas e diminuindo sua eficiência (FERNANDES, 2011).

As impurezas que não são eliminadas tornam-se um grande problema para a produção de açúcar e etanol, pois seu excesso causa abrasão das moendas, quebra e entupimento das tubulações, bombas, decantadores, desgastes nas caldeiras e diferenças de umidade nas moendas (DUARTE et al., 2018).

Ainda, o aumento de impurezas influencia na perda de ART na torta de filtro, visto que a capacidade do filtro na indústria, leva em conta as impurezas minerais, responsáveis pelo aumento do lodo, prejudicando filtragem do caldo obtido após a moagem da cana-de-açúcar (DUARTE et al., 2019).

Considerando a importância da qualidade do caldo, e analisando seu processo fabricação, as impurezas sólidas (folhas, estilhaços) e coloidais (ceras, proteínas) do caldo da cana-de-açúcar afetam a qualidade e eficiência do processo, visando produzir caldo em menor quantidade possível de turbidez, cor e teor de cal (BAKIR et al., 2016).

Assim, a mecanização do campo causou diversas mudanças na qualidade da matéria-prima, sendo que as impurezas minerais e vegetais – antes controladas pela queimada – hoje

são eliminadas pelos extratores primários das colhedoras (GIOMETTI; TEIXEIRA; SATTOLO, 2017).

2.5.9 Extração do caldo

A extração de açúcar é um dos primeiros e principais estágios do processamento da cana, e a obtenção de altas eficiências de extração de sacarose é essencial para a produtividade das indústrias de etanol e açúcar, e pode ser realizada por moendas ou difusores, visto que o número de difusores vem aumentando significativamente no Brasil devido a maior eficiência, menor custo de energia e menor custo de manutenção e capital (LISBOA et al., 2015).

No difusor a extração de caldo ocorre por osmose e lixiviação, em que a sacarose é extraída em contracorrente com caldo diluído e água (LOUBSER; JENSEN, 2015). A instalação de um difusor pode ser justificada quando há a instalação de uma planta nova para a produção de açúcar, etanol ou ambos; ampliação ou modernização de fábricas existentes, onde seja previsto um alto investimento com moendas ou para aumento da potência das transmissões existentes; e ainda projetos de diversificação de usinas existentes, com cogeração, pois o reduzido consumo de energia mecânica do sistema de difusão deixa um excedente de vapor vivo que pode ser utilizado para a produção de uma quantidade extra de energia nos geradores elétricos (SOLÍS-FUENTES et al., 2019).

Já as moendas são formadas por unidades esmagadoras, constituídas por ternos, compostos de quatro cilindros (rolos), onde três giram no sentido horário e um no sentido anti-horário, fazendo a cana desfibrada passar entre eles e sofrer sucessivos esmagamentos (OLIVERIO et al., 2014). Atualmente, as moendas são compostas de 4 a 7 ternos, sendo maior a extração e moagem quanto maior o número de ternos (PALACIOS-BERECHÉ et al., 2014).

Para uma operação eficiente de moagem, há a regulagem das aberturas apropriadas para cada terno, havendo variáveis operacionais como peso de fibra por hora, velocidade periférica dos rolos, carga hidráulica e embebição, e finalmente, boa manutenção, sendo muito importante conhecer o desempenho dos ternos, possibilitando as regulagens da moenda são estimadas e, a seguir, ajustadas com base na experiência (LISBOA et al., 2015).

2.5.10 ART da cana no digestor e Pol da cana na prensa

A leitura do ART (açúcares redutores totais) faz parte do cotidiano das usinas de cana-de-açúcar, visto que é um indicador de eficiência industrial, utilizado como parâmetro entre as safras, e também como componente do cálculo de ATR para posterior pagamento aos fornecedores de matéria-prima (LEMOS et al., 2019).

O digestor é um aparelho utilizado em laboratório, com intuito de solubilizar todos os açúcares presentes em uma amostra de cana-de-açúcar desfibrada, ocorrendo a leitura de índices como AR (açúcares redutores), Pol (quantidade de sacarose) e ART (GAMEIRO JÚNIOR; BERNARDINO; AMORIM, 2015).

A diminuição do ART da cana no digestor causa perda das eficiências, e consequentemente da influência do campo. No processo produtivo de açúcar e etanol, ocorre a mensuração de ART da cana no digestor. Essa medida representa a somatória dos açúcares redutores (glicose e frutose) e da sacarose invertida por hidrólise ácida, resultando em excelência industrial com o aumento dessa variável (FERNANDES, 2011).

Já a prensa, assim como o digestor, é um equipamento utilizado em laboratório, com o objetivo de extrair o caldo de uma amostra de cana-de-açúcar desfibrada e homogeneizada, e analisando o Brix e o Pol deste caldo extraído (MARIN et al., 2019).

A análise do indicador Pol, do mesmo modo que a análise de ART, é feita diariamente nas usinas, visto que representa a porcentagem aparente de sacarose contida numa solução de açúcares, refletindo a pureza do caldo extraído. A análise dessa variável busca aferir a quantia de sacarose na matéria-prima, sendo que os maiores valores de Pol resultam em uma melhor contribuição do campo na usina (SANTOS, 2016).

2.5.11 Dextrana

Dextrana é um polissacarídeo, produzido por bactérias do gênero *Leuconostoc spp*, que ocasiona perda de sacarose e aumento dos custos da fabricação de açúcar, além de diminuir sua qualidade (RAVNÖ; PURCHASE, 2006; SILVA NETO et al., 2011).

A dextrana na produção do açúcar branco causa alteração na polarização, aumento no consumo de cal, aumento na viscosidade do caldo e redução da transferência de calor, que prejudica a cristalização do açúcar (SARTORI; MAGRI; AGUIAR, 2015).

Torna-se importante o controle da proliferação dessa bactéria, tanto nas lavouras de cana-de-açúcar, como na agroindústria, sendo que no campo deve-se observar, principalmente, os procedimentos de pré e pós-colheita, pois todas as ações que promovam a deterioração da matéria-prima aumentam os teores desse polissacarídeo, tais como tempo de permanência entre o corte e o transporte para a indústria; queima da cana-de-açúcar, que causa injúrias nos colmos; formação de lama devido a chuvas pouco tempo antes das colheitas; e presença de impurezas (YANO et al., 2019).

Na indústria deve-se evitar longos períodos de estocagem, realizando-se planejamentos para que a espera nos pátios não ultrapasse 24 horas, além de cuidar da limpeza e assepsia das

moendas e tanques de tratamento do caldo (MARTINS; SILVA, 2012), e ainda, é importante ressaltar a necessidade de treinamento e qualificação dos colaboradores que trabalham nessa área, responsáveis pela comunicação deste setor com outros setores da indústria (DUARTE et al., 2019).

2.5.12 Bastonetes na cana-de-açúcar

No Brasil, a cana-de-açúcar passa por vários processos químicos ou microbiológicos para produção de etanol e, por ser uma das principais fontes de sacarose, essa produção é obtida pela fermentação das leveduras *Saccharomyces cerevisiae*, que corresponde ao principal microrganismo responsável para a fabricação do etanol (CUNHA et al., 2019), e por isso a produção de etanol é chamada de processo microbiológico, também referido como fermentação alcoólica ou etanólica (MADALENO et al., 2016).

As impurezas vindas do campo podem interferir no processo industrial, a partir da contaminação de bactérias, resultando em perdas na eficiência no processo fermentativo da cana-de-açúcar (LISBOA et al., 2015). Um tipo de bactéria é o bastonete na prensa $\times 10^5$ mL, que consome parte do suco extraído da matéria-prima, produzindo metabólitos tóxicos que inibem o levedo, favorecendo a floculação e causando queda na produção de etanol (SILVA et al., 2017).

O aumento da quantidade de bastonetes prejudica a ação das leveduras e causa a diminuição da eficiência da fermentação, aumentando o crescimento de lodo na torta de filtro, que acarreta no aumento da capacidade de filtração e crescimento dos custos (DUARTE et al., 2019).

Segundo Lopes et al. (2016), os primeiros cuidados de controle começam ainda no campo para evitar a contaminação bacteriana de processos fermentativos em produção de etanol, pois uma matéria-prima muito contaminada, aliada a problemas de eficiência no tratamento do caldo, levam um grande número de micro-organismos contaminantes e seus metabólitos para a cuba de fermentação.

Dessa maneira, as condições de cada etapa do processo de produção de etanol, desde a colheita da cana-de-açúcar até a etapa final do processo de fermentação, devem ser acompanhadas e controladas para evitar o favorecimento da seleção e do desenvolvimento de microorganismos que acarretem em mudanças indesejáveis no produto final obtido (DUARTE et al., 2018).

2.5.13 Fibra da cana na prensa

A quantia de fibra na prensa (%) também se mostra importante, visto que é a quantia de matéria seca e insolúvel contida na cana-de-açúcar (LEME FILHO, 2005), sendo que é uma avaliação visual da amostra coletada para aferir o Pol. Nesse caso, deve-se ater, principalmente, à presença de pedaços esmagados, com consequente extração de caldo resultando, certamente, em teores elevados de fibra, ou seja, quanto maior a porcentagem de fibra na prensa, mais caldo foi retirado da cana-de-açúcar, melhor o processo de extração (LISBOA et al., 2015; LISBOA et al., 2018).

Nas últimas décadas, o crescente reconhecimento da necessidade de preservar o meio ambiente resultou em um aumento do uso de materiais e recursos naturais ecológicos para diversas aplicações, assim fibras naturais podem ser usadas como matérias-primas importantes, especialmente em países em desenvolvimento com grande produção agrícola como o Brasil (OLIVEIRA et al., 2016).

O bagaço de cana é um resíduo fibroso produzido na indústria açucareira, e ganhou um interesse renovado como uma potencial matéria-prima lignocelulósica para a produção de biocombustíveis, atribuído principalmente à sua abundância, com alta composição de carboidratos e mínimo de lignina, sendo que atualmente, são geradas 279 milhões de toneladas métricas de resíduos de cana-de-açúcar por ano, que podem ser usados para a produção de bioetanol e geração de energia, ajudando a aliviar os custos de descarte e os danos ambientais (JUGWANTH; SEWSYNKER-SUKAI; KANA, 2020).

3 MÉTODO

3.1 Caracterização da Pesquisa

O objetivo geral dessa pesquisa é propor boas práticas agroindustriais no setor sucroenergético, que mais contribuam para a eficiência da produção de açúcar e etanol, e com base nisso, este estudo foi desenvolvido como explicativo-descritivo, com abordagem quantitativa-qualitativa.

De acordo com Singh (2007), a pesquisa exploratória é a que constitui a base da investigação, ajudando a determinar a amostra, o método da coleta de dados e a metodologia utilizada.

Ainda, Yin (2010) afirma que a preocupação central da pesquisa exploratória é identificar os fatores que determinam ou que contribuem para a ocorrência dos fenômenos, aprofundando o conhecimento da realidade, pois explica a razão, analisando causas ou consequências de um dado fenômeno.

Na parte descritiva, a pesquisa estabelece relações entre variáveis dependentes e independentes, visto que Babbie (2008) relata que é uma pesquisa que observa e descreve situações ou eventos observados, concordando com Kumar (2002), que afirma que os estudos descritivos são mais que uma coleção de dados, envolvendo mensuração, classificação, análise, comparação e interpretação.

Em relação a abordagem utilizada, este estudo pode ser dividido em duas partes. A primeira parte compreende na análise quantitativa, na qual Neuman (2006) afirma que este tipo de abordagem é utilizado em projetos para mensuração de efeitos, baseados em uma coleta de dados concretos e numéricos para apresentar a evidência em forma quantitativa.

Em contraste com a análise quantitativa, a segunda parte da abordagem desta pesquisa é o paradigma qualitativo, baseado no interpretativismo e no construtivismo, sendo uma realidade que é socialmente construída e, por isso, o investigador e o objeto de estudo são interativamente ligados, de modo que os resultados são mutuamente criados dentro do contexto da situação que molda o inquérito (SALE; LOHFELD; BRAZIL, 2002).

Este tipo de abordagem em que se mesclam métodos de pesquisa é chamada triangulação metodológica (*mixed-methodology*) baseada no uso combinado e sequencial de uma fase de pesquisa quantitativa seguida de uma fase qualitativa, ou vice-versa, sendo considerada uma forma robusta de se produzir conhecimentos, uma vez que se superam as limitações de cada uma das abordagens tradicionais (FREITAS; JABBOUR, 2011).

A abordagem quantitativa visa caracterizar a variabilidade de qualquer processo de interações sociais, e por outro lado, a investigação qualitativa pode melhorar a compreensão

sobre a variabilidade social, por meio de aproximação à unidade estudada (usinas), que representem tal diversidade, sendo que a investigação qualitativa tenta preencher os “espaços vazios” deixados pelos modelos estatísticos (SALGADO JUNIOR; NOVI, 2014).

Assim, considerando a abordagem quali-quantitativa da pesquisa, a proposta de elaborar boas práticas agrícolas e industriais, que contribuam para a eficiência produtiva de usinas sucroenergéticas, é válida à medida que tornará possível uma melhor compreensão dos processos das áreas agrícolas e industriais, visando uma produção satisfatória de açúcar e etanol.

Além disso, com a utilização de dados de ambas as áreas, pertencentes a diversas usinas, é possível analisar os escores da produtividade geral e industrial, e a influência que o campo exerce no desempenho de cada usina; identificando ainda variáveis relevantes no processo produtivo decorrente nas safras de cana-de-açúcar no período de 2006/2007 a 2015/2016; e por fim, realizar estudos de múltiplos casos nas usinas selecionadas de acordo com os escores obtidos, utilizando um instrumento de pesquisa aplicado por meio de entrevistas com gestores dessas usinas.

Considerando as duas fases da pesquisa, os itens 3.2 e 3.3 irão abordar suas respectivas metodologias, materiais e dados utilizados, para, sequencialmente, apresentar os resultados.

3.2 Etapa Quantitativa

A base de dados utilizada nessa pesquisa compreende informações de 29 usinas sucroenergéticas, coletadas nos períodos das safras de 2006/2007 até 2015/2016. Essas informações foram previamente tratadas, estipulando para as usinas escolhidas uma frequência de, pelo menos, 3 safras de dados criando um painel não balanceado.

Utilizou-se um período de tempo de dez anos, visto o processo da fabricação de açúcar e etanol, classificado como um processo contínuo de produção, necessitando grande quantidade de mensurações diárias de volumes e massas, que estão sujeitas a erros de medições e de amostragem.

Os dados referem-se a 172 indicadores, sendo estes a quantia total de cana-de-açúcar moída (t), quantia total de ATR (t), a produção total de açúcar (t), a produção total de etanol (m^3), e na sequência 168 mensurações de variáveis envolvidas no processo produtivo de açúcar e etanol.

Uma vez com os dados levantados, surge a necessidade de mensurar a eficiência. Para tanto, diversas técnicas se mostram úteis, porém, foi escolhida a Análise Envoltória de Dados. Sua escolha deu-se a três fatores importantes:

- i. O método DEA tem sido amplamente usado nos mais variados estudos sobre eficiência das DMUs bem como no setor sucroalcooleiro (CARLUCCI, 2012; CARLUCCI et al., 2019; DUARTE, 2017; DUARTE et al., 2018; DUARTE et al., 2019; LEMOS et al., 2016; LEMOS et al., 2019; OLIVEIRA et al., 2012; PEREIRA; SILVEIRA, 2016; SALGADO JUNIOR; BONACIM; PACAGNELLA JUNIOR, 2009; SALGADO JUNIOR; CARLUCCI; NOVI, 2014; ULLAH et al., 2019);
- ii. A escolha da técnica DEA é devido a determinação de uma eficiência relativa de cada DMU possibilitando, assim, a comparação entre elas, e ainda, o quanto precisam melhorar para se tornarem eficiente, já que os métodos específicos do setor agroindustrial, em sua maioria, não permitem;
- iii. A natureza não paramétrica da técnica DEA, ou seja, não necessita de pressupostos estatísticos que utilizem grandes quantidades de observações para sua comprovação.

A análise DEA é um problema de programação fracionária que pode ser linearizado e transformado no Problema de Programação Linear (PPL) ilustrado na Equação 4, onde h_0 é a eficiência da DMU o que está sendo analisada, X_{i0} e Y_{i0} são, respectivamente, os *inputs* e *outputs* desta DMU e v_i e u_j , são os pesos calculados para seus respectivos *inputs* e *outputs*.

$$\max h_0 = \sum_{j=1}^m u_j y_p$$

sujeito a

$$\sum_{i=1}^n V_i X_{i0} = 1 \quad (4)$$

$$\sum_{r=1}^m u_j y_{i0} - \sum_{i=1}^n V_i X_k \leq 0$$

$$k = 1, \dots, s$$

$$u_j, v_i \geq 0 \quad \forall i, j$$

Ainda segundo Angulo-Meza et al. (2007), o modelo BCC, também chamado de VRS (*variable returns to scale*), considera situações de eficiência de produção com variação de escala, sem assumir uma relação de proporcionalidade entre os *inputs* e *outputs*. De acordo com os autores, a formulação do modelo BCC utiliza o PPL ilustrado na Equação 5.

$$\begin{aligned} \max h_0 &= \sum_{j=1}^m u_j y_p - u \\ \text{sujeito a} \\ \sum_{i=1}^n V_i X_{ik} &= 1 \\ \sum_{r=1}^m u_r y_{rk} - \sum_{i=1}^n V_i X_{ik} - u &\leq 0 \\ k &= 1, \dots, s \\ u_j, v_i &\geq 0 \quad \forall x, y \\ u &\in \mathbb{R} \end{aligned} \tag{5}$$

No modelo apresentado na Equação 5, h_0 é a eficiência da DMU o que está sendo analisada, x_{ik} representam os seus *inputs* e y_{ik} os *outputs*, v_i e u_j são os pesos calculados para os *inputs* i e para *outputs* j (respectivamente) e u é um fator que, quando positivo, indica que a DMU se encontra em uma região de retornos decrescentes de escala e, se negativo, em uma região de retornos crescentes. Se a $h_0 = 1$ a DMU analisada é considerada eficiente.

O modelo DEA utilizado foi o BCC (BANKER; CHARNES; COOPER, 1984) que considera diferentes níveis de escala e por isso é mais indicado para usinas, devido a diferença de tamanho e economia e/ou deseconomia de escala entre elas.

Para a aplicação da técnica utilizou-se o software PIM-DEA, sendo as DMUs definidas como usinas sucroenergéticas do estado de São Paulo, produtoras de açúcar e etanol, e por meio da aplicação da técnica DEA BCC com orientação a *output*, realizou-se dois modelos de eficiência.

O primeiro modelo de eficiência foi obtido analisando a Eficiência Geral (Ef_g), que considera o campo e a indústria, sendo a classificação das usinas que transformam a moagem total da safra (t) em açúcar (t) e etanol (m^3), de acordo com Figura 7.

Figura 7 - Modelo da eficiência geral (Ef_g)

Fonte: elaborado pela autora.

Deve-se ressaltar que ao escolher a moagem como *input* deste primeiro modelo de eficiência geral, busca-se estabelecer a relação agrícola e industrial, visto que o peso da cana-de-açúcar colhida é resultado do desenvolvimento do campo com a capacidade industrial de moagem.

O segundo modelo (Figura 8) analisou a eficiência sobre a ótica industrial, na qual as usinas foram classificadas a partir da transformação de ATR (t) em açúcar (t) e etanol (m³), chamando de análise de Eficiência Industrial (Ef_i), visando minimizar os efeitos da eficiência agrícola e mensurar apenas a eficiência industrial, já que a transformação do ATR em etanol e açúcar é um indicador muito importante visto que reflete a capacidade de um parque industrial (SANTOS, 2016).

Figura 8 - Modelo da eficiência industrial (Ef_i)

Fonte: elaborado pela autora.

Ainda que a análise DEA seja uma técnica largamente utilizada, principalmente em pesquisa operacional, a mesma pode apresentar viés em seu escore devido a amostras pequenas e a não necessidade de pressupostos estatísticos (ODECK, 2009). Para amenizar esta situação,

foi utilizado, juntamente a técnica de fronteira, o método *Bootstrap*, uma técnica baseada na ideia de repetidas simulações com a intenção aproximar a distribuição original dos dados (EFRON, 1979; HUANG; ELING, 2013).

Embora tenha sido utilizada anteriormente com outra técnica de fronteira por Simar (1992), a combinação de DEA e *Bootstrap* foi utilizada pela primeira vez por Simar e Wilson (1998). Com o intuito de corrigir o viés e criar intervalos de confiança para os escores, foi utilizado neste trabalho o modelo de *Bootstrap* proposto por Simar e Wilson (2000).

O modelo permitiu, além dos benefícios supracitados, a normalização da distribuição dos escores de eficiência das DMUs (WANKE, 2012), permitindo o trabalho seguir para uma segunda etapa, em que foi utilizada uma abordagem em dois estágios.

Com estes dois níveis de eficiência obtidos pela análise DEA *Bootstrap*, calculou-se a variação das usinas resultando na Influência do Campo (θ_c) – Equação 6:

$$\theta_c = Ef_g - Ef_i \quad (6)$$

Em que θ_c é a inferência que o campo exerce sobre a eficiência geral e industrial, levando em consideração que a influência possa ser positiva ou negativa; Ef_g é a eficiência geral relacionada à quantidade de cana-de-açúcar moída, sendo afetada pela qualidade da cana; e Ef_i é a eficiência industrial, considerando o desempenho da planta industrial, minimizando o efeito do campo. Os possíveis resultados para a Influência do Campo (θ_c) são elencados no quadro 2.

Quadro 2 - Modelo da influência do campo (θ_c) na produtividade do sistema

<i>Possíveis resultados</i>	<i>Causas na produtividade do sistema</i>	<i>Relacionada ao θ_g</i>	<i>Relacionada ao θ_i</i>
$\theta_c > 0$	Influência do campo (θ_c) beneficia a eficiência geral (Ef_g)	Maior nível de eficiência geral (Ef_g)	Menor nível de eficiência industrial (Ef_i)
$\theta_c = 0$	Influência do campo (θ_c) não tem efeito	Eficiências geral e industrial têm níveis similares	
$\theta_c < 0$	Influência do campo (θ_c) beneficia a eficiência industrial (Ef_i)	Menor nível de eficiência geral (Ef_g)	Maior nível de eficiência industrial (Ef_i)

Fonte: elaborado pela autora.

Para melhor compreensão dos componentes do estudo, observa-se a figura 9, dispostos em um diagrama.

Figura 9 - Diagrama de componentes do estudo

Fonte: elaborado pela autora.

A produtividade do sistema é a variação da produtividade total dos fatores que uma empresa identifica, ao mensurar o estado da tecnologia e o grau de eficiência de seu uso, e consiste no crescimento ou decrescimento dessa produtividade, podendo ser definida como a mudança líquida no produto, considerando às mudanças na tecnologia de produção, na eficiência dos processos produtivos e no ambiente em que ocorre a produção (FERREIRA; GOMES, 2009).

Assim, a influência do campo (θ_c), foi organizada em ordem decrescente, estabelecendo as usinas com maiores índices positivos de θ_c , passando por índices de θ_c igual a 0, até as usinas com maiores índices negativos de θ_c . E, com essa nova disposição dos dados, foi possível a escolha para visita e estudo em campo, selecionando uma usina com θ_c positivo, uma usina com θ_c neutro (0), e uma terceira usina com θ_c negativo.

Por meio da mensuração de eficiência, utilizando a abordagem DEA, foram verificadas todas as folgas entre as variáveis, tanto na quantidade de toneladas de açúcar quanto na quantidade de litros de etanol produzido por cada DMU, sendo que por meio da mensuração dessas folgas é possível estabelecer o valor que cada DMU deve alcançar para se posicionar na fronteira de produção (CHU et al., 2019).

A partir dessas folgas, apurou-se, monetariamente, os valores de açúcar e de etanol para quantificar as perdas em valor monetário e o Índice de Preços ao Consumidor Amplo (IPCA) para trazer as mesmas para o valor presente.

Após o primeiro estágio, a aplicação DEA com *Bootstrap*, utilizou-se um segundo estágio, com um modelo de regressão linear múltipla, no qual a influência do campo (θ_c), obtida no primeiro estágio, foi usada como a variável dependente, e as variáveis de processo como a variável independente dentro de um modelo de regressão linear múltipla, conforme a figura 10.

Figura 10 - DEA dois estágios com regressão linear múltipla

Fonte: elaborado pela autora.

As abordagens DEA em dois estágios são fruto do reconhecimento, por parte dos pesquisadores, de que fatores ambientais ou variáveis contextuais podem influenciar de forma significativa nos escores de eficiência, além de que a regressão no segundo estágio apresenta desempenho equivalente ao melhor dos métodos paramétricos na estimação do impacto de variáveis contextuais na produtividade (WANKE, 2012).

Ao considerar uma substancial economia de recursos, almejando sempre a melhoria da produtividade e eficiência, deve-se selecionar os indicadores mais importantes de um processo produtivo (FARRELL, 1957).

A partir do banco de dados disponível, as variáveis foram pré-selecionadas, considerando como justificativa principal a disponibilidade de informações. Cabe ressaltar que, para a devida seleção de dados, utilizou-se como variáveis aquelas que possuíam alguma relação direta com os parâmetros selecionados para *output*, ou seja, a produção de açúcar e etanol.

Ainda, nessa seleção de variáveis manteve-se uma escolha em relação as DMUs, visto que o número de DMUs não excede o quádruplo do número de variáveis, embasado nos estudos de González-Araya (2003) e Secchim, Freitas e Gonçalves (2018).

A seleção de variáveis é um ponto determinante pois, segundo Thanassoulis (1996), alterações no conjunto de variáveis selecionadas podem exercer um impacto direto nos resultados e, conseqüentemente na análise dos dados da avaliação. Mello et al. (2003) concordam que os critérios e, fundamentalmente os métodos de seleção de variáveis devem ser vistos como instrumentos de auxílio à decisão, que orientarão os resultados finais. Diante disso, especialistas, gestores e tomadores de decisão devem usar a experiência, bom-senso e desprendimento no momento da escolha/seleção das variáveis (ANGULO-MEZA et al., 2007).

A fim de melhorar a qualidade da análise e os modelos matemáticos utilizados, o primeiro passo foi reduzir as variáveis explicativas de 168 para 60 variáveis, com a opinião de especialistas no processo produtivo de açúcar e etanol, ponderando sempre a relação das mesmas com os parâmetros selecionados na análise técnica.

Essa primeira seleção de variáveis foi feita em uma reunião presencial com especialistas do setor, que trabalham com análise de desempenho em usinas de cana-de-açúcar, fornecendo para as mesmas, relatórios que devem ser preenchidos pelos colaboradores das usinas, com os respectivos índices para cada variável.

Visto isso, é importante ressaltar que esses relatórios são muito extensos, abrangendo variáveis relacionadas a todas as etapas do processo produtivo de açúcar e etanol, e como seu preenchimento por completo não é mandatório, é comum que as usinas coloquem os índices que julgam ser essenciais para sua avaliação, ocasionando os dados faltantes.

Assim, a exclusão de variáveis explicativas considerou a opinião dos especialistas perante as variáveis que, geralmente, não são preenchidas nos relatórios aplicados nas usinas, que conseqüentemente, possuem maior índice de dados faltantes.

Nessa reunião, também foi possível entender de melhor maneira, como os especialistas fazem todo o levantamento de dados dentro das usinas, compreendendo o significado de cada variável analisada.

Após essa primeira reunião, haviam 60 variáveis escolhidas. Verificou-se que havia dados ausentes ainda, entretanto, não ultrapassando 10% de ausência, considerando o total de variáveis.

A ausência dos dados é um problema comum em investigações científicas e tem desafiado os pesquisadores desde os primórdios das pesquisas de campo, consistindo em um desafio no planejamento e análise com objetivo de determinar os preditores que contribuem

para prever a ausência ou presença de características numa população (GRAHAN, 2009; LITTLE; RUBIN, 1986; PIGOTT, 2001; SCHAFER, 1997; SCHAFER; GRAHAN, 2002).

Diante de tal situação, recorreu-se a Imputação de Dados Faltantes (*Missing Data Imputation*), técnica estatística que permite completar os dados faltantes, sejam quantitativos, categóricos, ordinais ou nominais, e permitiu análise de todos os indivíduos do estudo (SCHAFER, 1997).

Ainda, Schafer (1997) afirma que a técnica de imputação múltipla de dados consiste em completar bancos de dados por meio de técnicas adequadas de imputação, analisar os mesmos por um método estatístico tradicional, e finalmente, combinar resultados encontrados apropriadamente para obter a chamada inferência de imputação repetida.

Com auxílio do software *Statistical Package for Social Sciences*® (SPSS), versão 22.0, iniciou-se a análise para qualificar a base de dados quanto as características de aleatoriedade da amostra, bem como o padrão de ausência, identificando que a ausência dos dados configura o tipo MCAR (*Missing Completely at Random*), ou seja, ausência aleatória de dados, e que o padrão de ausência é não-monotônico, não havendo repetição do padrão de ausência.

Uma vez que a ausência dos dados é aleatória e sem padrão estabelecido, prosseguiu-se com a substituição dos dados usando a Simulação de Monte Carlo (GEWEKE, 1999; GOTO; TSUTSUI, 1998; JAMASB; POLLITT, 2000; KOHONEN, 1982).

A simulação de Monte Carlo é uma generalização do método de amostragem introduzido por Metropolis et al. (1953), que utiliza técnicas de aplicação em problemas numéricos de grande número de dimensões, sendo mais eficiente que métodos numéricos convencionais.

De acordo com Hastings (1970), é possível utilizar a simulação de Monte Carlo quando a amostragem com relação a distribuição for: fatorável em relação a distribuição no produto, com condicionais unidimensionais; utilizar amostragem de importância, que também pode ser usada para redução de variância; e por fim, utilizar técnica de simulação, sendo esta última escolhida para aplicar nos dados deste estudo, tornando-os viáveis para realizar o segundo estágio da análise quantitativa.

Antes da execução da regressão linear múltipla, verificou-se primeiro a correlação entre as variáveis independentes, analisando se havia correlação entre elas e sua influência, julgando-se ideal que as variáveis independentes sejam altamente correlacionadas com a variável dependente, mas com pouca correlação entre si (HAIR et al., 2009).

Após verificar a matriz de correlação, fez-se o teste de multicolinearidade, que pode afetar a estimação dos coeficientes de regressão e sua significância estatística (WANKE;

BARROS, 2014), resultando na eliminação de 38 variáveis por terem o índice VIF – *Variance Inflation Factor* – maior que 10, restando 22 das 60 variáveis originais, que se encontram juntamente com os dados de todas as usinas pesquisadas em dez anos de safra no apêndice A.

Ainda, foram verificados os pré-requisitos para a análise de regressão multivariada, colocados por Hair et al. (2009), sendo: linearidade do fenômeno medido; variância constante dos termos de erro; independência dos termos de erro; normalidade da distribuição dos termos de erro.

Iniciou-se o segundo estágio utilizando o método de regressão linear múltipla, que permite identificar quais fatores podem influenciar a eficiência técnica (DE CLERCQ et al., 2017).

A técnica DEA dois estágios consiste na realização de uma análise de regressão para avaliação do impacto de variáveis independentes (fatores externos) na performance (eficiência) das DMUs encontradas através da aplicação da técnica DEA, sendo que diversos estudos recentes fizeram uso dessa técnica como instrumento para avaliação da eficiência de DMUs: Chu et al. (2019); Duarte et al. (2019); Fang (2020); Gong, Liu e Zhu (2019); Khoveyni et al. (2019); Kiani Mavi, Saen e Goh (2019); Lemos et al. (2016); Lemos et al. (2019); Lim e Zhu (2019); Mousavi, Ouenniche e Tone (2019); Örkücü et al. (2019); Patrizii (2020); Shao, Yu e Feng (2019); Sotiros, Koronakos e Despotis (2019); Wang, Wu e Chen (2019); Yin et al. (2020).

As 22 variáveis foram regredidas utilizando o software STATA®, gerando o modelo da regressão linear múltipla. A escolha pela regressão linear múltipla é amparada por De Clercq et al. (2017), propondo um trabalho baseado em análise DEA e regressão linear múltipla para determinar fatores significantes à performance da eficiência.

Considerando a Equação (7):

$$\hat{O}_n = \beta_0 + \beta_1 i_1 + \beta_2 i_2 + \dots + \beta_k i_k \quad (7)$$

foram computados, no qual $\hat{O}_n$ corresponde aos valores preditores para os tipos de *output* n (O1, O2, O3), e β_k é o coeficiente para cada variável explanatória de *input* i_k . A regressão foi rodada com 95% de nível de confiança, e os indicadores de ferramentas estatísticas adicionais foram utilizadas para determinar o ajuste do modelo e a relevância das variáveis explicativas; estes incluem o R² ajustado, o erro do quadrado médio-raiz (RMSE) e o erro de média-quadrado normalizado usando a fórmula de coeficiente de variação (CV), definida pela Equação 8:

$$\sqrt{\sum_{t=1}^n \frac{(x_{1,t} - x_{2,t})^2}{n} / \bar{y}} \quad (8)$$

Em que $\bar{y}$ é a média dos valores de saída, permitindo a comparação da utilidade preditiva dos modelos determinados pela regressão computada.

Assim, com o resultado da regressão, foi possível identificar as principais variáveis do processo produtivo do setor sucroenergético, determinando indicadores no processo de fabricação de açúcar e etanol, sendo estes pontos passíveis de estarem no campo e serem responsáveis por influenciar o produto final, e ainda, analisando o comportamento dessas variáveis encontradas nas usinas de θ_c positivo, θ_c neutro e θ_c negativo, e suas respectivas influências.

Ainda, com as variáveis resultantes da regressão linear múltipla, aplicou-se a análise de quintil, visto que ao apresentar ou analisar medições de variáveis contínuas, é útil agrupar sujeitos em vários grupos iguais (ALTMAN; BLAND, 1994).

Com a análise de quintil, foi possível estabelecer o quintil superior, composto por 54 DMUs que obtiveram o melhor comportamento das variáveis selecionadas, analisando nessa amostra a análise de normalidade da distribuição dos dados, e consequentemente, a estatística descritiva com 95% de intervalo de confiança, com média, mediana e desvio padrão.

É importante ressaltar que, independente do resultado da análise de normalidade da distribuição dos dados, é possível realizar inferência estatística, com estimação de parâmetros e de intervalo de confiança para variáveis quantitativas contínuas (COSTA, 2011), utilizando-se a abordagem não paramétrica de reamostragem (COSTA, 2006).

A técnica de *bootstrap* é um tipo de reamostragem, que segundo Efron (1987), calcula uma distribuição empírica, sendo a real distribuição da estatística ao longo de centenas ou milhares de amostras; e para gerar o intervalo de confiança, analisa-se uma real distribuição de estatísticas da amostra, com 95% ou 99%, acreditando-se que a amostra original seja confiável (HAIR et al., 2009).

Assim, para a análise de normalidade e inferência estatística, utilizou-se o software *Statistical Package for Social Sciences®* (SPSS), versão 22.0, que por meio da análise de estatística descritiva dos dados da amostra do quintil superior, é possível estabelecer os respectivos limites inferior e superior dos indicadores, e por meio destes, comparar com os índices das usinas selecionadas para o estudo de múltiplos casos.

3.3 Etapa Qualitativa

Segundo Cauchick (2012), a característica que distingue a pesquisa qualitativa da quantitativa é a ênfase na perspectiva do indivíduo que está sendo estudado, sendo relevante a realidade subjetiva aos indivíduos envolvidos na pesquisa, contribuindo para o desenvolvimento da pesquisa.

Segundo Freitas e Jabbour (2011), o principal objetivo da pesquisa qualitativa é buscar entender o que as pessoas apreendem ao perceberem o que acontece em seus mundos, sendo muito importante prestar atenção no entendimento que há relacionado aos entrevistados, nas possíveis distorções e no quanto eles estão dispostos ou confiantes em compartilhar suas percepções.

Assim, na segunda etapa desta pesquisa, foi utilizado o estudo de caso, caracterizado por Yin (2010) como um estudo profundo e exaustivo de um ou de poucos objetos, de maneira que permita seu amplo e detalhado conhecimento, tarefa praticamente impossível mediante os outros delineamentos considerados, e definido ainda por Malhotra (2005) como uma abordagem baseada em amostras pequenas.

Nesta fase, foi realizado um estudo de múltiplos casos em usinas selecionadas pela influência do campo (θ_c) – obtida na análise do primeiro estágio DEA, da etapa quantitativa. Posteriormente, com os indicadores obtidos no segundo estágio DEA, é possível analisar as ações praticadas pelas usinas para controle e/ou melhoria desses indicadores.

O estudo de caso, segundo Yin (2010), representa uma boa estratégia quando se colocam questões do tipo “como” e “por que”, quando o pesquisador tem pouco controle sobre os acontecimentos e quando o foco se encontra inserido em algum contexto da vida real, podendo incluir estudos de caso único, assim como casos múltiplos.

Ainda, é importante ressaltar a utilização do método hipotético-dedutivo, visto que, Popper (2013), afirma que hipóteses podem ser adivinhadas ou imaginadas por cientistas, com duas alternativas: contradizer todas as teorias existentes ou toda a literatura existente. Logo, o método hipotético-dedutivo se inicia com um problema ou uma lacuna no conhecimento científico, passando pela formulação de hipóteses e por um processo de inferência dedutiva, o qual testa a predição da ocorrência de fenômenos abrangidos pela referida hipótese (MARTINS; THEÓPHILO, 2016).

Nesta etapa qualitativa, é importante ressaltar que, com os indicadores encontrados oriundos do segundo estágio DEA, na regressão linear múltipla, espera-se determinados comportamentos das usinas em relação às suas respectivas mensurações, avaliações e controles, conforme informações previamente coletadas na pesquisa literária científica. Isso se dá por meio das visitas à campo, onde será possível confirmar as práticas esperadas, ou ainda,

acrescentar inferências na pesquisa, com novas práticas aplicadas, de acordo com relato dos gestores das usinas nas entrevistas realizadas.

De acordo com Yin (2010), ao fazer as inferências em uma pesquisa, há dois tipos de níveis, conforme apresentado na Figura 11. O nível um é quando ocorre uma inferência sobre os dados coletados de uma amostragem, que neste caso é a seleção dos indicadores obtidos por meio da análise DEA 2 estágios. Com isso é possível avaliar as usinas sucroenergéticas, que são os objetos de estudo, e ao analisar o comportamento dos indicadores em cada usina avaliada, é possível levantar as descobertas para os estudos de caso.

Figura 11 - Níveis de inferências em estudo de caso

Fonte: adaptado de Yin (2010).

Casos múltiplos devem ser vistos como experimentos múltiplos (ou levantamentos múltiplos), utilizando uma teoria previamente desenvolvida como modelo (YIN, 2010), que no caso são as boas práticas dentro das usinas sucroenergéticas levantadas por meio de pesquisa em literatura científica, com o qual se deve comparar os resultados empíricos do estudo de caso, podendo considerar estes ainda mais fortes se duas ou mais usinas sustentam as mesmas boas práticas aplicadas, como mostrado na Figura 11.

Com essa orientação em mente, os procedimentos de campo do protocolo devem enfatizar as principais tarefas ao coletar os dados, incluindo acesso a organizações ou entrevistados-chave; possuir materiais suficientes enquanto estiver no campo; desenvolver um procedimento; estabelecer uma agenda clara das atividades de coleta de dados; preparar-se para acontecimentos inesperados (YIN, 2010).

Por fim, baseando-se na metodologia de Yin (2010), elaborou-se para esta tese um protocolo de estudo de caso que pode ser visto no Quadro 3, no qual abrange itens como introdução ao estudo de caso e finalidade do protocolo; procedimento de coleta de dados; esboço do relatório de estudo de caso e questões de estudo de caso.

Quadro 3 - Protocolo de pesquisa de campo (baseado nos estudos de Yin, 2010)

<p><u>Questão Principal da Pesquisa:</u> Investigar nos múltiplos casos os indicadores previamente estabelecidos, e seus respectivos manejos, afim de estabelecer boas práticas baseadas no material coletado nas entrevistas.</p> <p><u>Objetivo Principal:</u> Orientar o pesquisador quanto aos procedimentos a serem desenvolvidos durante os estudos de caso nas usinas de açúcar e etanol, passando a ser um guia com as orientações respectivamente acatadas, de forma a atender os objetivos desta tese.</p> <p><u>Temas da Sustentação Teórica:</u> Usinas sucroenergéticas, Produção de açúcar e etanol, Energias Renováveis.</p> <p><u>Definição da Unidade de Análise:</u> Por meio da análise DEA dois estágios e regressão linear múltipla, foi possível estabelecer um <i>ranking</i> entre as usinas analisadas, classificando-as em ordem decrescente, ou seja, usinas que obtiveram grande influência do campo (área agrícola), até usinas que obtiveram baixa influência do campo. Assim, definiu-se para a análise uma usina chamada de A, com grande influência do campo, usina B, com média influência, e usina C, com baixa influência de campo.</p> <p><u>Potenciais Entrevistados e Múltiplas Fontes de Evidência:</u> Entrevistados: gestores de usinas e especialistas do setor sucroenergético. Entrevistas: perguntas do tipo aberta. Pesquisa Documental: pesquisa científica em literatura nacional e internacional Observação: considerando a experiência no setor sucroenergético dos entrevistados, ocorre a validação dos resultados encontrados na fase quantitativa.</p> <p><u>Período de Realização:</u> 1 a 2 dias em cada usina</p> <p><u>Local da Coleta de Evidências:</u> Escritório administrativo da usina. Visita à campo: operações agrícolas e industriais.</p> <p><u>Obtenção de Validade Interna, por meio de Múltiplas Fontes de Evidências:</u> Por meio da pesquisa literária científica previamente às entrevistas, é possível sintetizar o roteiro de entrevistas, que consta:</p> <ul style="list-style-type: none"> - Data da visita, cargo dos entrevistados, formação e experiência no ramo; - Dados das usinas, local, capacidade, produção na última safra, idade; - Estrutura organizacional da área (agrícola ou industrial); - Quantidade de pessoas ligadas ao processo, formação, experiência no ramo; - Descrever todo o processo de operação referente aos indicadores estudados; - Descrever os indicadores de desempenho utilizados e os mais relevantes para a tomada de decisão; - Descrever a tecnologia utilizada nos processos; - Descrever os pontos fortes e fracos dos processos; - Descrever a forma de tomada de decisão.
--

Fonte: elaborado pela autora.

Segundo Yin (2010), para aumentar a validade externa da pesquisa, pode-se utilizar pelo menos três casos, em razão da literatura propor que casos múltiplos são mais convincentes e permitem maiores generalizações. Assim, para garantir a qualidade e o sucesso da pesquisa científica, Freitas e Jabbour (2011) destacam que a investigação precisa preencher três critérios: validade, generalização e confiabilidade. Aplicando esses conceitos para essa pesquisa, há o quadro 4.

Quadro 4 - Critérios de excelência do estudo

	Critérios de excelência em pesquisa científica	Cumprimento dos critérios pelo estudo
Validade	Interna: refere-se a estudos explanatórios que buscam relações causais. Externa: descobertas do estudo de caso são aplicáveis a outros casos.	Validade interna: pesquisa em estudos científicos prévia para realização das entrevistas. Validade externa: entrevistas com especialistas do setor e gestores de usinas sucroenergéticas.
Generalização	Os resultados da pesquisa são utilizados em aplicações específicas.	Para obtenção dos resultados, deve-se seguir com a etapa quantitativa (DEA 2 estágios e regressão linear múltipla) e etapa qualitativa (estudo de múltiplos casos).
Confiabilidade	Garantir que outro pesquisador possa chegar nos mesmos resultados.	Protocolo de estudo de caso (Quadro 3), Instrumento de pesquisa de campo (Quadro 7), Entrevista com Especialistas (Quadro 8) e Roteiro semiestruturado para entrevista com gestores das usinas (Quadro 9).

Fonte: adaptado de Freitas e Jabbour (2011), Gummesson (2007) e Yin (2010).

É possível analisar no quadro 4 como este estudo desempenha os critérios elencados pelos pesquisadores citados, visto que foi uma tese validada de maneira interna e externa, onde não ocorreram generalizações - já que se utilizaram metodologias para atingir resultados específicos, e ainda de maneira confiável, devido ao uso de ferramentas para obtenção dos resultados qualitativos.

Logo, considerando o âmbito de pesquisa quantitativa e qualitativa, no quadro 5 é possível analisar o resumo dos procedimentos metodológicos utilizados nesta pesquisa.

Quadro 5 - Procedimentos metodológicos da pesquisa

Problema de Pesquisa	Objetivo Geral	Objetivos Específicos	Métodos de Coleta	Métodos de Análise de Dados
Quais as práticas agroindustriais que mais impactam na eficiência sistêmica das usinas sucroenergéticas?	Propor boas práticas agroindustriais do setor sucroenergético que mais contribuam para a eficiência sistêmica da produção de açúcar e etanol.	Utilizar a metodologia DEA nas usinas sucroenergéticas brasileiras	Base de Dados: safras 06/07 – 15/16	Análise Envoltória de Dados - DEA
		Estabelecer a influência do campo a partir da definição de dois modelos de eficiência	Base de Dados: safras 06/07 – 15/16.	Análise Envoltória de Dados - DEA
		Encontrar variáveis do processo agroindustrial que possam impactar diretamente na eficiência sistêmica das usinas.	Base de Dados: safras 06/07 – 15/16.	Regressão linear múltipla. Análise de Quintil.
		Realizar estudos de caso em usinas previamente selecionadas, relacionando as variáveis encontradas com a performance agrícola e industrial das usinas escolhidas	Estudo de múltiplos casos. Entrevistas com roteiro semiestruturado. Observação. Análise de Documentos.	Estatística descritiva. Visita ao especialista. Visitas às usinas. Referencial teórico.

Fonte: elaborado pela autora.

Vários métodos de boas práticas foram desenvolvidos nos últimos anos, sendo a distinção baseada nos tipos de dados. A escolha desse tipo de método pode afetar o resultado dependendo dos diferentes sistemas de avaliação (IBÁÑEZ-FORÉS; BOVEA; PÉREZ-BELIS, 2014; WANG et al., 2009).

A melhor maneira para validar as boas práticas, após o levantamento e processamento dos dados (análise quantitativa), é válida a abordagem de ponderação, utilizando julgamentos

personais ou coletivos ao entrevistar um painel de especialistas e tomadores de decisão em seu campo relacionado (SAWAENGSAK et al., 2019).

Ao sintetizar as metodologias e materiais utilizados nesta pesquisa, confeccionou-se a Figura 12, para melhor visualização e compreensão.

Figura 12 - Procedimentos metodológicos utilizados na pesquisa

Fonte: elaborado pela autora.

4 RESULTADOS E DISCUSSÃO

Esta seção do estudo está dividida em duas etapas: quantitativa e qualitativa. Na etapa quantitativa há a apresentação dos resultados oriundos da análise de dados, e consequentemente sua discussão. Já a etapa qualitativa contém os resultados obtidos nos estudos de casos, com suas respectivas particularidades.

4.1 Resultados da Etapa Quantitativa

Por meio da aplicação da técnica DEA com orientação a *output*, realizou-se dois modelos de eficiência, sendo utilizado no primeiro modelo, como variável de *input*, a moagem total da safra (t), e como *output* as produções de açúcar (t) e etanol (m³), gerando o Gráfico 7.

Gráfico 7 - Representação da fronteira da eficiência geral (Ef_g)

Fonte: elaborado pela autora.

Já no segundo modelo, utilizou-se como variável de *input*, a quantia total de ATR (t), e como *output* as produções de açúcar (t) e etanol (m³), observado no Gráfico 8.

Gráfico 8 - Representação da fronteira da eficiência industrial (Ef_i)

Fonte: elaborado pela autora.

A partir destas análises, elaborou-se dois *rankings* de eficiência em que foi possível perceber a diferença entre as DMUs pesquisadas, ressaltando a possibilidade de ganhos de competitividade das plantas industriais (SANTOS, 2016).

Com os dois níveis de eficiência obtidos pela análise DEA, calculou-se a variação das usinas resultando na Influência do Campo (θ_c), em que é possível analisar a inferência que o campo exerce sobre a produtividade de um sistema da produção de açúcar e etanol, apresentada na Tabela 4.

Tabela 4 - Influência do campo nas usinas por safra

Usinas	Influência do campo por safras										Total por usina
	06/07	07/08	08/09	09/10	10/11	11/12	12/13	13/14	14/15	15/16	
1	0,75	-2,66	-1,18	-5,59	2,93	-4,07	-4,84	-4,10	1,97	-	-16,79
2	5,15	6,42	3,35	-	5,12	-0,37	3,88	-	0,96	-	24,51
3	1,97	2,22	-0,22	-2,68	0,95	0,30	-1,05	-2,61	-4,01	-	-5,13
4	-0,31	1,27	0,71	-4,51	-0,70	-1,94	-	-2,22	-	-	-7,70
5	6,07	3,02	0,32	-	-	-	-	-	-	-	9,41
6	3,40	7,53	-	-	-	-	-	-	-	-	10,93
7	4,89	0,15	-0,56	-	-	-	-	-	-3,02	-	1,46
8	5,45	3,93	-2,31	-11,95	-	-	-	-	-4,12	-	-9,00
9	3,28	3,77	1,77	-4,81	-	0,00	-	-	-	-	4,01
10	1,71	3,66	0,65	-1,87	-8,93	-0,20	-0,94	-	-	-	-5,92
11	0,94	1,67	-	-	-	-4,94	-	-	-	-	-2,33
12	2,44	-	0,94	-2,86	-1,36	-1,90	-3,23	-	-	-	-5,97
13	0,56	2,70	-0,04	-3,99	1,41	-1,24	-3,28	-3,55	-	-	-7,43
14	5,19	2,54	1,14	-1,68	-	-	-	-	-	-	7,19
15	5,19	-2,02	0,17	-8,76	-0,27	-0,62	-0,63	-3,72	-	-	-10,66
16	-0,31	-4,09	-1,81	-5,48	-1,41	-1,26	-3,16	-2,89	1,35	-	-19,06
17	0,00	-0,39	0,00	-	-	1,60	0,00	-1,91	0,55	-	-0,15
18	5,52	3,01	0,94	-	-	-1,90	-2,18	-	-	-	5,39
19	1,57	1,04	-1,18	-	-	-4,04	-6,03	-7,83	-4,40	-	-20,87
20	4,74	1,79	-1,90	-	-	-	-	-2,91	-3,24	-	-1,52
21	10,81	3,86	-	-	-	1,58	0,53	-2,49	-	-	14,29
22	3,24	-0,78	-1,98	-5,28	-	-3,39	-5,27	-4,93	-1,64	-	-20,03
23	2,03	1,55	-	-2,36	-1,38	-0,06	-	-	-	-	-0,22
24	0,55	3,32	1,40	-3,72	-	2,02	-	-	-	-	3,57
25	0,39	-0,94	-2,90	-5,99	-2,04	-5,19	-4,89	-4,70	-1,71	-2,73	-30,70
26	5,01	3,58	-	-0,41	1,79	-0,41	-	-	0,00	-	9,56
27	1,39	1,71	3,77	-0,53	1,07	-1,08	0,00	0,00	5,61	-	11,94
28	0,45	1,02	0,39	-6,01	0,52	0,93	-1,65	-1,92	-0,75	-	-7,02
29	0,79	-1,97	-3,59	-7,91	-	-1,76	-3,12	-5,63	-5,77	-	-28,96
Total de perdas (R\$)	82,86	46,91	-2,12	-86,39	-2,30	-27,94	-35,86	-51,41	-18,22	-2,73	-97,20

Fonte: elaborado pela autora.

Escores da influência do campo maior que zero significam que a usina possui um campo mais eficiente que a indústria e, portanto, devem investir na melhoria da eficiência industrial. Escores agrícolas menores que zero significam que a eficiência agrícola está abaixo da eficiência industrial e, portanto, as usinas devem direcionar os esforços a melhorar os resultados do campo.

Utilizando a abordagem DEA, foram verificadas todas as folgas entre as variáveis, tanto na quantidade de toneladas de açúcar quanto na quantidade de litros de álcool produzido por cada DMU. A partir desses valores foi utilizado o índice de preços do Centro de Estudos Avançados em Economia Aplicada da Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz (CEPEA-ESALQ) para quantificar as perdas em valor monetário e o Índice de Preços ao Consumidor Amplo (IPCA) para trazer as mesmas para o valor presente.

Tomando como exemplo a usina 16, se a mesma tivesse investido em fatores relevantes para a eficiência, tanto no campo quanto na indústria, e tivesse eliminado em 80% sua ineficiência em comparação as usinas do quintil superior, teria uma receita na safra de 2006/2007 de 5,1 bilhões a mais do que teve. E no longo prazo teria uma receita de 28,48 bilhões a mais da safra de 2006/2007 até a de 2015/2016, o que mostra o quão relevante seria para essa empresa se ela aumentasse o investimento e quão relevante para a economia se todas as usinas fizessem o mesmo.

Na tabela 5 foram sintetizadas as perdas monetárias de todas as usinas, considerando o modelo de eficiência geral, ou seja, usando cana-de-açúcar como *input* por considerar a ineficiência de todo o processo (agrícola e industrial).

Tabela 5 - Perda em milhões de reais por safra

Usinas	Perda por safra (milhões de R\$)										Total por usina
	06/07	07/08	08/09	09/10	10/11	11/12	12/13	13/14	14/15	15/16	
1	662	1.080	1.771	1.330	265	1.130	782	586	-	-	7.607
2	48	41	430	-	-	28	-	-	894	894	2.335
3	464	612	802	1.824	-	310	691	262	541	541	6.045
4	4.205	2.703	3.260	5.174	5.664	5.431	4.496	2.548	-	-	33.480
5	667	1.007	1.392	-	-	-	-	-	-	-	3.065
6	2.128	1.282	-	-	-	-	-	-	-	-	3.410
7	1.202	1.034	1.315	-	-	-	-	-	1.496	1.496	6.543
8	1.777	1.061	1.171	3.087	-	-	-	-	2.250	2.250	11.596
9	879	525	451	435	-	-	-	-	-	-	2.290
10	4.780	2.794	3.286	4.203	4.727	3.481	2.798	-	-	-	26.069
11	1.017	1.414	-	-	-	4.857	-	-	-	-	7.288
12	5.160	-	3.416	4.688	4.475	4.273	3.704	-	-	-	25.716
13	3.613	2.515	3.246	4.006	6.344	3.487	2.980	1.925	-	-	28.116
14	3.297	2.604	3.000	4.943	-	-	-	-	-	-	13.843
15	679	589	813	1.295	1.295	568	117	4.186	-	-	9.541
16	6.382	4.207	3.997	4.760	4.759	4.711	4.655	756	1.106	1.106	36.439
17	2.089	1.956	1.954	-	-	1.183	-	2.116	2.110	2.110	13.518
18	1.196	1.156	1.453	-	-	1.917	1.091	-	-	-	6.813
19	1.826	1.663	1.880	-	-	1.446	1.860	2.459	2.575	2.575	16.285
20	1.965	2.258	2.343	-	-	-	-	1.834	2.233	2.233	12.866
21	351	953	-	-	-	1.406	1.447	2.258	-	-	6.414
22	3.770	2.943	3.028	4.490	-	3.619	2.623	2.913	2.917	2.917	29.220
23	2.486	2.076	-	5.037	6.608	5.241	-	-	-	-	21.448
24	1.753	1.216	1.101	1.681	-	1.018	-	-	-	-	6.768
25	2.705	1.918	2.159	3.565	3.434	4.386	2.795	321	1.120	1.120	23.522
26	1.265	1.432	-	2.742	2.451	3.025	-	-	1.207	1.207	13.329
27	2.396	1.794	2.140	2.882	1.981	1.651	1.046	3.404	3.522	3.522	24.337
28	6.168	3.540	3.686	5.312	4.335	3.947	1.382	1.416	1.141	1.141	32.068
29	1.609	1.237	1.694	2.370	-	1.279	1.133	1.581	2.229	2.229	15.361
Total de perdas (R\$)	66.538	47.610	49.787	63.822	46.339	58.395	33.598	28.565	25.341	25.341	445.335

Fonte: elaborado pela autora.

Analisando as perdas por usinas, identificam-se que algumas possuem grandes perdas ao longo das safras. Nas usinas 27 e 28, como exemplo, é possível perceber que ambas somam

perdas de R\$ 24 bilhões e R\$ 32 bilhões, respectivamente. Caso similar ocorre na usina 16, que totaliza uma perda pela ineficiência de R\$ 36 bilhões.

A partir do exposto nas Tabelas 4 e 5, percebe-se que as perdas por ineficiência diminuíram e uma das principais causas pode ter sido a melhoria na eficiência industrial, uma vez que nas últimas 8 safras, a eficiência do campo tem sido abaixo da eficiência industrial.

Assim, a Tabela 6 sintetiza as estatísticas dos dados de *inputs* e *outputs* utilizados no modelo DEA, bem como o valor da perda em função da ineficiência.

Tabela 6 - Estatística descritiva dos *inputs*, *outputs* e perda por ineficiência

	<i>ATR total (ton)</i>	<i>Cana moída (ton)</i>	<i>Etanol (m³)</i>	<i>Açúcar (ton)</i>	<i>Valor da perda por ineficiência (milhões de R\$)</i>
Média	408.472,15	3.011.311,92	4.595.405,12	4.325.440,73	1.712,83
Mediana	363.060,08	2.642.776,39	92.693,50	3.744.406,83	1.141,28
Mínimo	121.582,75	899.824,23	2.457,91	1.126.428,00	13,37
Máximo	1.020.130,28	7.378.408,00	264.032.685,00	11.719.183,24	6.607,97
Desvio padrão	211.028,86	1.558.793,92	27.199.916,56	2.472.349,64	1.628,86

Fonte: elaborado pela autora.

Cada usina perde, em média, quase R\$ 2 bilhões, sendo que, com essa análise, é possível que as usinas identifiquem se a fragilidade maior está na parte agrícola ou industrial. Com uma boa gestão e de esforços direcionados, é possível investir, com base no histórico de perdas, valores a fim de reduzir a ineficiência das usinas. A partir do investimento, será possível diminuir a ineficiência, gerando mais receitas e, conseqüentemente, obtendo retorno financeiro do investimento realizado.

Dando sequência ao estudo, para a elaboração da regressão linear múltipla, a partir dos dados obtidos na análise DEA, fez-se a tabela 7, onde se é possível analisar máximo, mínimo, média, mediana, desvio padrão e o coeficiente de variação das DMUs agrupadas por safra, relacionadas as eficiências geral, industrial e a influência do campo.

Tabela 7 - Eficiências, influência do campo e estatística descritiva por safra

<i>Avaliações</i>		<i>Safras</i>									
		<i>06/07</i>	<i>07/08</i>	<i>08/09</i>	<i>09/10</i>	<i>10/11</i>	<i>11/12</i>	<i>12/13</i>	<i>13/14</i>	<i>14/15</i>	<i>15/16</i>
<i>Eficiência Geral (θ_g)</i>	Máximo	99,26	98,95	90,07	91,29	100	100	100	97,88	100	100
	Mínimo	50,75	48,89	41,77	46,47	53,24	47,58	60,84	59,42	51,15	96,91
	Média	76,94	71,49	67,52	67,19	77,25	78,66	82,34	76,92	78,77	99,49
	Mediana	77,82	71,50	67,52	65,49	75,15	78,79	80,68	75,44	79,03	100
	Desvio Padrão	13,42	12,96	13,44	13,69	15,78	14,80	13,02	13,33	14,67	1,26
	Coef.Var	0,17	0,18	0,20	0,20	0,20	0,19	0,16	0,17	0,19	0,01
<i>Eficiência Industrial (θ_i)</i>	Máximo	94,11	92,53	89,34	96,88	99,05	100	100	98,84	99,04	100
	Mínimo	49,04	47,56	41,12	50,55	54,62	47,64	64	62,31	51,90	99,64
	Média	74,08	69,82	67,60	71,74	77,41	79,87	84,45	80,34	79,99	99,94
	Mediana	75,63	69,82	67,20	70,51	76,51	79,55	83,90	78,93	80,46	100
	Desvio Padrão	12,91	12,41	12,75	13,11	13,64	14,55	12,29	13,37	13,75	0,15
	Coef.Var	0,17	0,18	0,19	0,18	0,18	0,18	0,15	0,17	0,17	0,00
<i>Influência do Campo (θ_c)</i>	Máximo	10,81	7,53	3,77	-0,41	5,12	2,02	3,88	0,00	5,61	0,00
	Mínimo	-0,31	-4,09	-3,59	-11,95	-8,93	-5,19	-6,03	-7,83	-5,77	-2,73
	Média	2,93	1,84	-0,04	-4,49	-0,40	-1,09	-1,94	-3,38	-1,44	-0,55
	Mediana	2,24	1,79	0,17	-4,25	-0,27	-0,85	-1,92	-2,90	-1,68	0,00
	Desvio Padrão	2,59	2,53	1,83	2,97	3,19	1,98	2,50	1,92	3,00	1,22
	Coef.Var	0,88	1,38	-44,86	-0,66	-7,92	-1,83	-1,29	-0,57	-2,08	-2,24

Fonte: elaborado pela autora.

Com os dados da Tabela 7, depreende-se o comportamento das usinas em dez safras analisadas. Assim com avaliação das eficiências geral e industrial, e influência do campo por safra, analisa-se que a eficiência agrícola, a partir da safra de 2008/2009 foi menos satisfatória que a eficiência industrial, ficando este fato mais acentuado até a safra 2013/2014, com uma progressiva melhora nas safras posteriores.

Utilizou-se também o teste Kolmogorov-Smirnov (KS) para verificar a normalidade da variável dependente (θ_c), conforme Tabela 8. Verifica-se que os dados possuem uma distribuição normal, concordando que a normalidade na variável dependente permite modelos de regressão mais robustos (HAIR et al., 2009).

Tabela 8 - Teste de normalidade KS para as usinas de açúcar e etanol

	<i>Kolmogorov-Smirnov^a</i>			<i>Shapiro-Wilk</i>		
	<i>Statistic</i>	<i>df</i>	<i>Sig.</i>	<i>Statistic</i>	<i>df</i>	<i>Sig.</i>
Influência do Campo (θ_c)	.054	271	.054	.989	271	.036

a. Lilliefors Significance Correction

Fonte: elaborado pela autora.

A normalização do θ_c das DMUs permitiu que o trabalho utilizasse uma abordagem dois estágios, sendo o segundo estágio a aplicação de uma regressão linear múltipla. O modelo utiliza como variáveis explicativas os indicadores dos processos produtivos agrícolas e industriais, e visualiza-se no quadro 6 suas respectivas classificações de acordo com o produto final e os processos que pertencem.

Quadro 6 - Classificação dos 22 indicadores antes da regressão linear múltipla

<i>Produto final</i>	<i>Processos</i>	<i>Indicadores</i>
Processos comuns para a produção de açúcar e etanol	Campo	Chuva (mm/semana)
		Temperatura máxima ambiente (°C)
		Temperatura mínima ambiente (°C)
		Umidade relativa do ar (%)
		Produtividade da cana de açúcar (ton/ha)
		Dextrana (mg/L na Base BRIX)
		Incidência de broca (%)
	Matéria-prima	Tempo ponderado de entrega da cana (h)
		Pureza da prensa (%)
		Amido (mg/L na Base BRIX)
	Extração do caldo	AR da cana analisada (%)
		Fibra da cana no digestor (%)
		Cana picada entregue (%)
		ART da cana no digestor (%)
Produção de etanol	Mosto	Impurezas no mosto (%)
		Pureza no mosto (%)
		Álcool na base BRIX (%)
		Bastonetes na prensa ($\times 10^5/\text{mL}$)
		Bastonetes no vinho bruto ($\times 10^5/\text{mL}$)
Processos comuns na produção de açúcar e etanol	Produtividade	Pol da cana no digestor (%)
		Pol da cana na prensa (%)
		Fibra da cana na prensa (%)

Fonte: elaborado pela autora.

O quadro 6 foi apresentado no sentido de setorizar os indicadores e situar o leitor onde os mesmos estão dentro do processo produtivo, observando que após a imputação de dados em 60 indicadores, e o teste de multicolinearidade – que levou em consideração os indicadores com VIF maior que 10 – resultou em 22 variáveis para prosseguir com a regressão linear múltipla.

Ainda, no quadro 6, destaca-se que entre os 22 indicadores selecionados, 14 indicadores estão ligados diretamente processos comuns tanto na produção de açúcar quanto de etanol, visto que entre estes, 7 ligados ao campo e 3 a matéria-prima, possibilitando já observações

relacionadas com a importância do campo, baseadas nos autores descritos no subcapítulo 2.3 sobre Processos Agrícola e Industrial das Usinas Sucroenergéticas, página 33.

Assim, para melhorar os ajustes em modelos que relacionam variáveis independentes com o escore de eficiência, utilizou-se a regressão linear múltipla, de modo a complementar os resultados, analisados na Tabela 9.

Tabela 9 - Resultados da regressão linear múltipla

<i>Variáveis</i>	<i>Coef. Regressão</i>	<i>Erro Padrão</i>	β	<i>t</i>	<i>Sig.</i>	<i>Colinearidade</i>	
						<i>Tolerância</i>	<i>VIF</i>
Chuva (mm semana)**	,023	,010	,098	2,253	,025	,654	1,530
Temp. Máx. Ambiente (°C)*	-,035	,013	-,097	-2,683	,008	,951	1,051
Temp. Min. Ambiente (°C)*	,077	,026	,112	3,017	,003	,893	1,120
ART da cana no Digestor (%)*	1,033	,172	,452	6,022	,000	,220	4,553
Dextrana (mg na base Brix)*	-,001	,000	-,097	-2,650	,009	,920	1,087
Broca (%)*	,011	,003	,234	3,558	,000	,286	3,502
Bastonetes na Prensa (x10 ⁵ ml)*	-,060	,021	-,104	-2,881	,004	,953	1,049
Impurezas (%)*	,538	,087	,252	6,178	,000	,741	1,350
Pol Cana Prensa (%)*	2,465	,218	,594	11,327	,000	,449	2,226
Fibra Cana Prensa (%)***	,030	,015	,072	1,955	,052	,911	1,098

*Significante ao nível de 1%.

**Significante ao nível de 5%.

***Significante ao nível de 10%.

Fonte: elaborado pela autora.

Muitos problemas de engenharia envolvem a determinação da correlação entre duas ou mais variáveis, sendo que a análise de regressão é uma das ferramentas estatísticas que sempre foi o interesse dos cientistas nesta área (KHADEMI et al., 2017).

Geralmente, modelos de regressão podem ser considerados como o processo de montagem de modelos para dados, e assim, em um modelo de regressão linear, as funções preditoras lineares são utilizadas para modelar os dados, e os parâmetros de saída são estimados a partir dos dados (KHADEMI; BEHFARNIA, 2016).

Vale ressaltar que, em muitas aplicações de análise de regressão, envolve-se mais de uma variável de entrada que levaria à função de regressão linear múltipla e nesse caso, a correlação entre duas ou mais variáveis de entrada são ajustadas em uma equação linear aos dados observados (SADRMOMTAZI et al., 2013).

Assim, na figura 13 encontram-se as variáveis resultantes da análise DEA dois estágios, dispostas de acordo com o campo e seus respectivos resultados industriais no processo produtivo de açúcar e etanol.

Figura 13 - Indicadores relacionados com o processo sucroenergético

Fonte: elaborado pela autora.

Na figura 13, é possível analisar que no campo há mensurações de acordo com o ambiente, como temperatura máxima e mínima, assim como chuva, visto que essas três variáveis não são controláveis, mas ao mensurá-las servem para adaptação do processo produtivo. Ainda, há as impurezas, que pertencem ao processo de colheita, a broca, que varia de acordo com as práticas culturais desenvolvidas, e a fibra, que também varia de acordo com a variedade genética escolhida para os talhões de plantio.

Já a dextrana, bastonetes, ART e Pol são resultados obtidos de acordo com o que ocorreu no campo, sendo que as duas primeiras podem ser consideradas como prejudiciais à produção, fazendo com que todo o processo ocorrido seja no intuito de melhorar os índices de ART e Pol, sendo necessário que as usinas devam direcionar os esforços para controle das variáveis agrícolas.

Essas dez variáveis obtidas na regressão linear múltipla foram utilizadas como norteadoras para a etapa qualitativa, utilizando-as na elaboração do instrumento de pesquisa de

campo (Quadro 4) e no roteiro semiestruturado (Quadro 5) - ambos localizados no subcapítulo 3.3 Etapa Qualitativa - para as entrevistas realizadas ao especialista e nos estudos de caso.

Assim, na Figura 14 encontram-se as variáveis da etapa quantitativa dispostas no processo produtivo de açúcar e etanol, para melhor entendimento do momento em que são mensuradas.

Figura 14 - Principais variáveis do processo produtivo de açúcar e etanol

Fonte: elaborada pela autora.

Estabelecidas as variáveis selecionadas na fase quantitativa, foi possível elaborar um instrumento de pesquisa de campo, que se encontra no Quadro 7, afim de utilizá-lo para relacionar os indicadores obtidos com o referencial teórico pesquisado, que permite aferir, em profundidade, as análises realizadas na fase quantitativa, para possibilitar a elaboração de roteiros de entrevistas semiestruturados.

Para estabelecer o instrumento de pesquisa de campo (Quadro 7), utilizaram-se os componentes oriundos da investigação quantitativa, acrescidos de componentes imprescindíveis para se obter uma pesquisa qualitativa com mais acurácia, de acordo com a descrição:

- Nome do Indicador: os indicadores elencados nesta coluna são oriundos da análise quantitativa, representados pelas variáveis mais importantes dentro do processo de produção de açúcar e etanol, obtidas pela análise DEA dois estágios com regressão linear múltipla.
- Objetivo: é necessário descrever os motivos da análise qualitativa desses indicadores previamente selecionados, e como irão afetar o processo produtivo de uma usina sucroenergética.
- Quartil Superior: sabe-se que a análise DEA possibilita a elaboração de um *ranking* entre as DMUs comparadas, organizando as usinas que mais se destacaram no quartil superior, que ao observar seus índices, pode-se estabelecer metas para as outras usinas analisadas. Assim, para a melhor observação do pesquisador, é necessário saber a média ou a mediana das usinas do quartil superior de cada indicador analisado, visto que a mediana sofre menos interferência de eventuais *outliers* que podem haver no grupo de usinas eficientes, oferecendo uma referência para cada variável.
- Como operacionalizar a mensuração: os indicadores previamente selecionados são de origens agrícola e industrial, sendo que cada um tem um tipo de mensuração, e consequente observação. Assim o pesquisador deve entender como ocorre a operacionalização de cada indicador.
- Referencial Teórico: é necessário a busca por informações comprovadas cientificamente para a confecção das questões, por isso optou-se pelo embasamento teórico atualizado e revisado.

Quadro 7 - Instrumento de pesquisa de campo

<i>Nome do Indicador</i>	<i>Características do Indicador</i>	<i>Quartil Superior</i>	<i>Como operacionalizar a mensuração?</i>	<i>Referencial Teórico</i>
Chuva semanal (mm/semana)	Compreender como a chuva afeta a qualidade do caldo	A média da chuva semanal das usinas com θ_c positivo foi de 20,68 mm/semana.	Entender sobre a concentração de água na conversão de ART	Monteiro (2009); Marin (2014); Basnayake et al. (2015); Carvalho, Antunes e Freire (2016); Monteiro e Sentelhas (2017); Dias e Sentelhas (2018); Pinto et al. (2018).
	Compreender como a chuva está afetando a eficiência		Entender sobre o efeito que a chuva causa na colheita (excesso de impurezas)	
Temperatura máxima do ambiente (°C)	Compreender como a temperatura máxima influencia na conversão de açúcar	A mediana da temperatura máxima ambiente nas usinas eficientes foi de 29,06 °C	Entender sobre a necessidade fisiológica da planta de temperatura (limite máximo).	Marin (2014); Ferreira et al. (2017); Sentelhas e Pereira (2019); Miranda et al. (2020).
Temperatura mínima do ambiente (°C)	Compreender como a temperatura máxima influencia na conversão de açúcar	A mediana da temperatura mínima ambiente nas usinas eficientes foi de 16,05 °C	Entender sobre a necessidade fisiológica da planta de temperatura (limite mínimo).	Marin (2014); Ferreira et al. (2017); Sentelhas e Pereira (2019); Miranda et al. (2020).
ART da cana-de-açúcar no digestor (%)	Analisar a mensuração de ART	A média do ART da cana-de-açúcar nas usinas eficientes foi de 15,71%	Por ser uma medida de excelência industrial, pesquisar os níveis de oscilação	Fernandes (2011); Gameiro Júnior, Bernardino e Amorim (2015); Santos (2016); Lemos et al. (2019); Marin et al. (2019).
Dextrana (mg/L na Base BRIX)	Analisar o tratamento térmico dos toletes	A mediana da dextrana nas usinas eficientes foi de 511,64 mg/L na Base BRIX	Entender como ocorre a infecção da planta na colheita	Ravnö e Purchase (2006); Silva Neto et al. (2011); Martins e Silva (2012); Sartori; Magri; Aguiar (2015); Duarte et al. (2019); Yano et al. (2019).
	Analisar a mensuração do índice de dextrana		Pesquisar os níveis de oscilação	

<i>Nome do Indicador</i>	<i>Características do Indicador</i>	<i>Quartil Superior</i>	<i>Como operacionalizar a mensuração?</i>	<i>Referencial Teórico</i>
Índice de Broca (%)	Analisar a mensuração do índice da broca	A mediana do índice de Broca nas usinas eficientes foi de 2,88 %	Entender as medidas preventivas	Dinardo-Miranda e Fracasso (2013); Cristofolletti et al. (2018); Reagan e Mulcahy (2019); Sabino et al. (2019).
	Analisar os efeitos da desta praga na planta		Pesquisar níveis de tolerância	
Bastonetes na prensa x 10 ⁵ mL	Analisar prevenção, controle e/ou eliminação	A mediana dos Bastonetes na prensa nas usinas eficientes foi de 3,43 x 10 ⁵ mL	Entender se ocorre infecção da planta na colheita	Lisboa et al. (2015); Lopes et al. (2016); Madaleno et al. (2016); Silva et al. (2017); Duarte et al. (2018); Cunha et al. (2019); Duarte et al. (2019).
	Analisar a mensuração de bastonetes		Pesquisar os níveis de oscilação	
Impurezas (%)	Analisar a mensuração de impurezas vegetais	A mediana da impureza do caldo nas usinas eficientes foi de 0,24%	Entender as medidas necessárias para diminuir as impurezas na colheita	Fernandes (2011); Kadwa e Bezuidenhout (2015); Bakir et al. (2016); Giometti, Teixeira e Sattolo (2017); Duarte et al. (2018); Duarte et al. (2019); Ogando et al. (2019).
	Analisar a mensuração de impurezas minerais			
Pol da cana no digestor (%)	Analisar a mensuração do Pol da cana	A média do Pol nas usinas eficientes foi de 14,43%	Por ser uma medida de sacarose, analisar os níveis de oscilação.	Fernandes (2011); Gameiro Júnior, Bernardino e Amorim (2015); Santos (2016); Lemos et al. (2019); Marin et al. (2019).
Quantia de fibra na prensa (%)	Analisar a mensuração da fibra da cana	A mediana da quantia de fibra nas usinas eficientes foi de 12,81%	Relacionada com a matéria seca, analisar os níveis de oscilação	Lisboa et al. (2015); Oliveira et al. (2016); Lisboa et al. (2018); Jugwanth, Sewsynker-Sukai e Kana (2020).

Fonte: elaborado pela autora.

Por meio do instrumento de pesquisa de campo (Quadro 7), obtiveram-se microindicadores relacionados com a operacionalização de cada indicador, entendendo que, cada indicador tem diversos tipos de influências, sendo importante elencá-las para melhor entendimento e desenvolvimento de questões abertas a serem aplicadas aos especialistas.

Dito isso, no item 4.2 é possível visualizar a descrição dos especialistas com a respectiva entrevista realizada, e consequentemente, as perguntas elaboradas e as respostas feitas pelos mesmos.

4.2 Entrevista com Especialistas

Dois especialistas em cana-de-açúcar foram entrevistados para comparar os resultados obtidos neste estudo com as práticas reais observadas em uma unidade de produção de açúcar e etanol, permitindo estabelecer as boas práticas e os principais fatores que poderiam contribuir para a eficiência.

Estes especialistas pertencem a uma empresa do setor sucroenergético, que, por segurança, seu nome ficará em sigilo. É uma empresa que gera e transfere tecnologia para usinas de açúcar, álcool e destilados com alto índice de implementação e elevado impacto operacional; com laboratórios próprios, oferece soluções relacionadas à redução de perdas, aumento de rendimento e eficiência industrial, redução de custos e melhoria da qualidade do açúcar, etanol e derivados produzidos no Brasil e no exterior.

A empresa possui uma equipe de mais de 50 profissionais especializados, que prestam serviços para usinas e destilarias no Brasil e exterior, responsáveis pela produção anual de 181 milhões de toneladas de cana-de-açúcar, 10,5 milhões de toneladas de açúcar, 9 bilhões de litros de álcool combustível e 500 milhões de litros de bebidas destiladas (cachaça, rum, tequila e álcool neutro).

É importante ressaltar a consulta com esses especialistas, visto que, além de contribuírem com a contextualização dos indicadores selecionados pela análise DEA 2 estágios de maneira generalizada, respondendo às perguntas elaboradas pela autora (Quadro 8).

Quadro 8 - Entrevista com os especialistas

<i>Nome do Indicador</i>	<i>Microindicadores</i>	<i>Perguntas aos Especialistas</i>	<i>Respostas dos Especialistas</i>
Chuva semanal (mm/semana)	Necessidade de água na brotação da planta	Como o excesso de chuva pode interferir na colheita?	1- Chuva aumenta o índice de impurezas minerais e vegetais.
	Necessidade de água no desenvolvimento da planta		
	Necessidade de água no processo de maturação da planta	Qual a importância deste índice para a usina?	2- Muito importante sua mensuração para produtividade dos talhões
	Interferências na colheita por causa da chuva		3- Índice de ART aumenta nas épocas de chuva
	Acúmulo de impurezas por causa da chuva	Quais seriam as boas práticas para este índice?	4- Respeitar o tempo de espera.
	Prejuízos na indústria devido à excesso de umidade na planta		5- Evitar colheita de matéria-prima com alta umidade.
Temperatura Máxima (°C)	Interferências na maturação da planta por causa do excesso de temperatura	A temperatura está relacionada com o aumento de ART?	1- Está relacionada, por isso é importante escolher uma variedade de cana-de-açúcar de acordo com os aspectos edafoclimáticos.
		A temperatura do local de produção pode ser favorável na seleção dos fornecedores?	2- É favorável, e por isso deve-se levar em consideração esse índice.
Temperatura Mínima (°C)	Interferências na maturação da planta por causa da baixa temperatura	A escolha da variedade genética é feita de acordo com a temperatura?	1- Sim, por isso a importância da escolha da variedade.
		Quais as práticas para o controle de temperatura?	2- Além da escolha das variedades de cana-de-açúcar, dividir os talhões produtivos de acordo com o desenvolvimento (precoce, média e tardia)
ART da cana-de-açúcar (%) e Pol da cana-de-açúcar (%)	Importância do ART e Pol para a maturação da planta	Quais as decisões a serem tomadas de acordo com o índice de ART e Pol?	1- Adequar o espaçamento entre plantas.
			2- Uso moderado de fertilizantes, herbicidas e inseticidas.
			3- Colher a matéria-prima com baixa umidade.
			4- Ajustar as colhedoras para evitar impurezas mineral e vegetal do campo.

<i>Nome do Indicador</i>	<i>Microindicadores</i>	<i>Perguntas aos Especialistas</i>	<i>Respostas dos Especialistas</i>
ART da cana-de-açúcar (%) e Pol da cana-de-açúcar (%)	Importância do ART e Pol para a colheita da planta	Quais as práticas para aumentar o índice de ART e o índice de Pol?	5- Treinar equipe operacional de colheita.
			6- Fazer manutenção preventiva da indústria.
			7- Treinar equipe de manutenção e operação.
			8- Alimentar a moenda continuamente e ajustar sua velocidade.
			9- Fazer paradas nas usinas para manutenções preventiva e corretivas.
			10- Adequar o tamanho da capacidade de moagem da usina de acordo com o volume de cana-de-açúcar.
Dextrana (mg/L na Base BRIX)	Interferências na maturação da planta por causa da dextrana	Como a dextrana afeta o processo produtivo?	1- A dextrana afeta o processo por ser um contaminante, derivado do excesso de impurezas minerais.
	Interferências na colheita da planta por causa da dextrana	Há meios de diminuir este índice?	2- Evitar impurezas minerais durante a colheita.
	Medidas de assepsia e controle industrial	Há como controlar este índice?	3- Observar o aumento de chuvas.
Índice de Broca (%)	Interferências na maturação da planta por causa da broca	Qual o método de controle mais utilizado?	1- Controle químico.
	Interferências no processo industrial por causa da broca	Como os índices de ART e Pol da cana podem ser prejudicados com a incidência dessa praga?	2- A broca, além de se alimentar do caldo, perfura os colmos da cana-de-açúcar, que facilitam a entrada de contaminantes, prejudicando a qualidade do caldo extraído.
Bastonetes na prensa x 10 ⁵ mL	Interferências na maturação da planta por causa dos bastonetes	Como os bastonetes afetam o processo produtivo?	1- Os bastonetes prejudicam a qualidade do caldo
	Interferências na colheita da planta por causa dos bastonetes	Há meios de diminuir este índice?	2- Controle de contaminação do mosto.
		Há como controlar este índice?	3- Uso eficiente de antibióticos.
	Medidas de assepsia e controle industrial		4- Processo de assepsia.
			5- Treinar as lideranças operacionais.

<i>Nome do Indicador</i>	<i>Microindicadores</i>	<i>Perguntas aos Especialistas</i>	<i>Respostas dos especialistas</i>
Impurezas do caldo (%)	Interferências na colheita por causa das impurezas vegetais	Quais os níveis de tolerância para impurezas?	1- Os níveis devem ser os menores possíveis, geralmente abaixo de 3%.
	Interferências na indústria por causa das impurezas vegetais	Quais são as áreas produtivas mais afetadas?	2- As impurezas afetam o processo de colheita, por danificar as colhedoras, e o processo de extração, por prejudicar as moendas e contaminar o caldo extraído.
	Interferências na colheita por causa das impurezas minerais	Como funciona o controle das impurezas minerais e vegetais no campo?	3- Sincronizar as facas picadoras das colhedoras.
			4- Fazer manutenção das facas picadoras das colhedoras.
	Interferências na indústria por causa das impurezas vegetais		5- Regulagem dos extratores primários e secundários das colhedoras.
			6- Trabalhar com o despontador das colhedoras ligado quando a cana-de-açúcar está em pé.
		7- Operar com colhedora em velocidade de 4,5 a 5 km/h para preservar o corte.	
Quantia de fibra na prensa (%)	Interferências na colheita por causa do excesso de fibras	Qual a relação do índice de fibra com o processo de extração?	1- Variedade da cana-de-açúcar oscila o índice de fibra
			2- Falta de chuva e diminuição de temperatura aumentam as fibras
			3- Excesso de fibras prejudica a extração do caldo
	Ações na indústria quando ocorre processamento de planta com excesso de fibras	Como assegurar a qualidade do processo de extração do caldo?	4- Escolher uma variedade de cana-de-açúcar.
			5- Treinar a equipe operacional da indústria para respeitar a capacidade de moagem.
			6- Assegurar a capacidade e tamanho da usina com o volume adequado de cana-de-açúcar.

Fonte: elabora pela autora.

Os microindicadores, descritos no quadro 8, foram necessários para se orientar a elaboração das perguntas aplicadas aos especialistas e aos gestores das usinas. Destaca-se também a importância dos especialistas no sentido de situar os indicadores selecionados dentro do processo produtivo sucroenergético, e averiguar a assertividade da etapa quantitativa dessa pesquisa.

Ainda, os especialistas acrescentaram os seguintes indicadores, que, mesmo ausentes na etapa quantitativa, ressaltaram suas respectivas relevâncias para o processo produtivo sucroenergético, que foram considerados nas entrevistas com os gestores das usinas:

- Manejo de Solo: o tipo de preparo de solo realizado é importante para definir a produtividade dos talhões;
- Cultivares: escolha de acordo com aspectos edafoclimáticos para qualidade do plantio;
- Práticas agrícolas: ações realizadas no desenvolvimento da cultura, como adubação, controle de plantas daninhas e aplicações de defensivos;
- Colheita: tipos de colheita e suas possíveis interferências;
- Extração do caldo: processo essencial para produção de açúcar e etanol.

Com a entrevista feita com os especialistas concluída, pode-se entrevistar os colaboradores das usinas, que ocupam cargos de gestores responsáveis pelas áreas agrícola e industrial, destacando que, em todas as entrevistas, participaram também, além dos gestores, técnicos responsáveis pelos laboratórios de análise de amostras e coordenadores agrícola e industrial.

4.3 Entrevista com Estudos de Casos

A base de dados utilizada neste estudo continha informações de 271 DMUs, compostas por cerca de 29 usinas com informações de 10 anos de safra, e para se fazer os estudos de caso, optou-se pela escolha de três DMUs a partir da classificação do θ_c , selecionando assim, usina A com θ_c positivo, usina B com θ_c zero e usina C com θ_c negativo.

Estabelecido as usinas e o posterior contato com as mesmas, foi necessário agendar as entrevistas, com tempo hábil de um dia de visita para cada uma, sendo que em todas foram aplicadas o roteiro de entrevistas com funcionários das áreas agrícola e industrial, juntamente com visita dos respectivos departamentos, incluindo até mesmo, idas aos talhões de

produção de cana, galpões de máquinas, setores de recebimento de cana, moendas, destilaria, refinamento e armazéns.

Pelo fato de cada usina ter uma particularidade, segue a descrição de cada uma.

Estudo de Caso na Usina A

Localizada na cidade de Guaíra, região nordeste do estado de São Paulo, a usina A foi fundada em 1980, e atualmente tem capacidade de moagem de 7,5 milhões de toneladas, sendo que para o ano de 2018 foi previsto colher 7 milhões.

Na safra de 2018, a usina produziu 531.506 toneladas de açúcar, 199.352 m³ de etanol e 20.536 MWh de energia sendo que a energia que produz e exporta é capaz de abastecer uma cidade de 80 mil habitantes.

A matéria-prima utilizada na usina é própria, sendo ela responsável por todo o processo de plantio, da preparação do solo ao transporte e terceirizada com contratos firmados junto a proprietário de imóveis rurais.

Sua área de colheita é de 85.000 hectares, com produtividade média de 88 ton/ha e rotação média de 7 cortes. A distância dos talhões é de até 50 km e ART médio é de 158 kg/ton de cana-de-açúcar. Ainda, a usina possui 10 frentes de colheita.

Estudo de Caso na Usina B

Usina pertencente a um grupo atuante na área de energia renovável, localizada na cidade de Serrana, região nordeste do estado de São Paulo, sendo a primeira unidade do grupo, adquirida no ano de 1931.

Com uma capacidade de moagem de 2,6 milhões de toneladas de cana de açúcar por safra e com uma planta industrial flexível para a produção de açúcar cristal, etanol anidro, etanol hidratado e levedura.

Em 2018, a usina produziu 20.000 toneladas de açúcar, 118.108 m³ de etanol e 25 MWh de energia, gerando eletricidade para a cidade em que está localizada.

A usina conta com 100% de mecanização sendo responsável pelo CCT tanto nas próprias fazendas quanto nas de fornecedores. A entrega média é feita em torno de 2h30min e o raio médio das áreas plantadas é de 17 km, sendo que a fazenda mais distante está situada a 35 km de distância e, além disso, a usina não possui um pátio para o armazenamento da cana que chega.

Estudo de Caso na Usina C

Unidade agroindustrial pertencente à segunda maior processadora de cana-de-açúcar do mundo junto com outras 10 unidades estrategicamente localizadas em quatro polos no Brasil. Localizada na cidade de Sertãozinho (SP), possui capacidade de processamento de 6,1 milhões de toneladas de cana-de-açúcar por safra, e uma planta responsável por produzir açúcar, etanol e energia.

Na safra de 2018, essa unidade produziu 23.000 toneladas de açúcar, 127.110 m³ de etanol e 58 MWh de energia, gerando eletricidade para a cidade em que está localizada.

Ela também conta com 99% de mecanização da colheita e é responsável unicamente pelo CCT nas fazendas de fornecedores, com uma entrega média entre o campo e a usina em torno de 2h30min e um raio médio das áreas plantadas de 25 km.

Com as respectivas usinas dos estudos de casos descritas, realizou-se o quadro 9, com a relação dos microindicadores e as perguntas feitas pela pesquisadora, elencadas de acordo com os indicadores.

Quadro 9 - Roteiro semiestruturado para entrevista com os gestores das usinas

<i>Nome do Indicador</i>	<i>Microindicadores</i>	<i>Perguntas aos gestores das usinas</i>
Chuva semanal (mm/semana)	Necessidade de água na brotação da planta	A usina tem um índice de chuva ideal? Se sim, qual?
	Necessidade de água no desenvolvimento da planta	Como é o controle quando há excesso de chuva?
	Necessidade de água no processo de maturação da planta	Como é o controle quando há falta de chuva?
	Interferências na colheita por causa da chuva	Quais são as decisões para não afetar a produção?
	Acúmulo de impurezas por causa da chuva	Como é feito o planejamento da colheita?
	Prejuízos na indústria devido à excesso de umidade na planta	Como é feito o armazenamento da matéria-prima?
Temperatura Máxima (°C)	Interferências na maturação da planta por causa do excesso de temperatura	Quais as decisões na produção da usina quando aumenta a temperatura?
		Como essas decisões são colocadas em prática?
Temperatura Mínima (°C)	Interferências na maturação da planta por causa da baixa temperatura	Quais as decisões na produção da usina quando aumenta a temperatura?
		Como são colocadas em prática?

<i>Nome do Indicador</i>	<i>Microindicadores</i>	<i>Perguntas aos gestores das usinas</i>
ART da cana-de-açúcar (%)	Importância do ART para a maturação da planta	Qual o índice de ART da usina?
	Importância do ART para a colheita da planta	Qual o número de ternos das moendas da usina?
		Qual a capacidade de processamento de cana-de-açúcar da usina?
		Descreva como é o processo de colheita. As práticas agrícolas na cana "própria" diferem das práticas usadas por "terceiros"?
Dextrana (mg/L na Base BRIX)	Interferências na maturação da planta por causa da dextrana	Como são aplicadas as práticas operacionais para controle?
	Interferências na colheita da planta por causa da dextrana	Como é feito controle de impurezas?
	Medidas de assepsia e controle industrial	Como é feito o treinamento da equipe?
Índice de Broca (%)	Interferências na maturação da planta por causa da broca	Qual é o índice de infestação da usina?
	Interferências no processo industrial por causa da broca	Como são feitas e aplicadas as técnicas de diminuição deste índice?
		Quais são os métodos de controle desse índice? Como são feitos e aplicados?
Bastonetes na prensa x 10 ⁵ mL	Interferências na maturação da planta por causa dos bastonetes	Qual é o índice da usina?
	Interferências na colheita da planta por causa dos bastonetes	Quais as dificuldades para se manter este índice neste patamar? Por quê?
	Medidas de assepsia e controle industrial	Como são as medidas/processos de controle deste índice?
Impureza do caldo (%)	Interferências na colheita por causa das impurezas vegetais	Qual o índice de impurezas da usina?
	Interferências na indústria por causa das impurezas vegetais	Qual a importância e investimento que as usinas têm relacionadas à esta variável?
	Interferências na colheita por causa das impurezas minerais	Como funciona o controle de impureza vegetal na usina?
	Interferências na indústria por causa das impurezas minerais	Como funciona o controle de impureza mineral na usina?
Pol da cana no digestor (%)	Importância do ART para a maturação da planta	Qual o índice de Pol da usina?
		Qual o número de ternos das moendas da usina?
		Qual a capacidade de processamento de cana-de-açúcar da usina?
	Motivos que levam esse indicador à oscilação	Quais as principais práticas operacionais para obter maior extração?
		Quais os percentuais atuais de cana queimada, cana crua picada e cana queimada picada?
Quantia de fibra na prensa (%)	Interferências na colheita por causa do excesso de fibras	Qual é o índice da usina?
	Ações na indústria quando ocorre processamento de planta com excesso de fibras	Como são feitas e estabelecidas as melhorias para a extração do caldo?

<i>Nome do Indicador</i>	<i>Microindicadores</i>	<i>Perguntas aos gestores das usinas</i>
Manejo de Solo	Tipo de preparo de solo realizado	Como é feito o manejo de solo na usina?
Cultivares	Escolha de acordo com aspectos edafoclimáticos para qualidade do plantio	Como é feito o controle de qualidade do plantio?
Práticas agrícolas	Ações realizadas no desenvolvimento da cultura	Como são feitas as práticas agrícolas no desenvolvimento dos talhões de produção?
Colheita	Tipos de colheita e suas possíveis interferências	Como é feita a colheita da cana-de-açúcar?
Extração do caldo	Processo essencial para produção de açúcar e etanol	Como é realizada a extração do caldo da cana-de-açúcar na usina?

Fonte: elaborado pela autora.

As respostas fornecidas pelos gestores das usinas estão elencadas no item 4.4 “Resultados da Etapa Qualitativa” destacando que, por meio dessas respostas, foi possível a elaboração das melhores práticas, acordando com o objetivo geral deste estudo.

4.4 Resultados da Etapa Qualitativa

Três usinas foram previamente selecionadas para visita de acordo com suas respectivas influências do campo. Mas, antes de realizar as visitas propriamente ditas, foi necessário avaliar o desempenho dos indicadores selecionados na etapa quantitativa, analisando o comportamento dos mesmos em cada usina.

Para isso, foi necessário organizar as 271 DMUs analisadas em quintis, sendo chamado de quintil superior, a amostra que comporta as DMUs que obtiveram os melhores índices positivos de influência do campo, estabelecendo-as em ordem decrescente, conforme tabela 10.

Tabela 10 - Quintil superior de 271 DMUs e seus respectivos indicadores

DMU	θ_c	Chuva (mm/sem)	Temp. Max (°C)	Temp. Min (°C)	ART (%)	Dextrana (mg/L Brix)	Broca (%)	Bastonetes (10 ⁵ /mL)	Impur. (%)	Pol (%)	Fibra (%)
97	12,45	21,38	31,46	17,46	16,56	194,76	2,54	2,14	0,29	15,25	13,23
21	10,81	22,41	27,59	14,84	16,44	783,47	1,66	1,84	0,55	15,16	13,24
38	7,91	14,92	24,97	17,99	15,67	47,24	1,36	2,41	0,16	14,80	12,44
37	7,53	26,32	36,29	18,12	16,95	541,78	2,76	7,33	0,26	15,55	12,86
31	6,42	18,19	32,15	14,89	16,94	691,86	7,13	9,19	0,42	14,69	12,82
5	6,07	2,75	28,86	16,48	16,33	655,44	1,59	0,34	0,20	14,75	12,54
35	5,68	16,14	29,71	17,80	16,49	675,53	7,14	8,74	0,22	15,57	13,63
257	5,61	9,65	31,62	18,71	15,89	62,57	2,25	0,65	0,18	14,32	11,42
18	5,52	33,30	16,39	2,35	16,94	224,12	0,69	2,49	0,38	15,69	13,26
8	5,45	17,19	28,91	14,93	16,95	762,66	1,21	5,90	0,15	15,20	12,39
14	5,19	13,50	27,56	17,96	16,52	799,92	1,53	1,38	0,17	15,31	12,85
15	5,19	14,57	27,39	14,69	15,89	774,13	2,33	7,83	0,29	14,57	13,24
2	5,15	7,77	3,67	13,70	15,99	66,20	7,87	2,58	0,42	14,54	12,61
130	5,12	15,56	31,84	13,53	15,94	969,27	3,17	2,84	3,53	13,69	1,84

DMU	θ_c	Chuva (mm/sem)	Temp. Max (°C)	Temp. Min (°C)	ART (%)	Dextrana (mg/L Brix)	Broca (%)	Bastonetes (10 ⁵ /mL)	Impur. (%)	Pol (%)	Fibra (%)
26	5,01	18,31	28,25	24,66	16,49	594,18	1,45	0,22	0,12	15,66	12,12
7	4,89	14,98	32,37	16,55	15,92	691,48	2,22	1,29	0,23	14,70	12,48
20	4,74	34,97	31,57	19,52	16,19	875,59	6,96	3,75	0,48	14,70	13,66
96	4,44	1,68	3,24	15,62	15,87	64,84	4,98	6,66	0,18	14,56	12,97
40	3,93	23,53	26,76	16,57	15,82	972,55	2,64	4,48	0,16	14,75	12,35
186	3,88	68,98	16,39	65,30	12,20	348,90	5,50	4,27	3,20	12,91	44,21
52	3,86	22,71	27,93	15,40	16,29	723,57	2,87	4,48	0,34	14,65	13,25
41	3,77	11,45	29,73	15,16	15,87	664,96	0,24	1,97	0,21	14,42	13,37
91	3,77	6,49	29,46	18,46	15,82	593,16	8,37	2,77	0,26	14,29	11,70
59	3,71	16,97	24,95	16,37	16,30	77,39	1,77	1,60	0,24	14,49	11,74
42	3,66	12,64	33,18	16,73	15,84	363,68	1,25	5,82	0,23	14,99	12,79
57	3,58	48,87	29,32	21,68	15,73	657,34	1,62	0,22	0,11	14,55	12,67
74	3,45	18,56	23,56	16,63	15,21	572,36	0,27	5,12	0,11	14,45	12,43
6	3,4	39,47	31,89	18,43	16,89	1216,61	1,44	6,94	0,36	14,69	12,83
65	3,35	12,66	31,79	15,14	15,65	75,45	5,87	2,46	0,44	14,20	12,83
55	3,32	15,46	32,24	17,35	15,88	67,79	19,96	1,49	0,23	14,63	12,86
9	3,28	19,36	28,87	14,32	15,93	75,43	1,44	2,73	0,26	14,36	12,94
22	3,24	14,69	29,28	14,47	16,72	562,90	1,19	6,66	1,68	14,43	44,21
36	3,02	44,00	28,37	18,27	15,67	914,32	5,83	1,22	0,32	14,34	12,72
49	3,01	52,53	29,33	16,49	16,90	472,95	0,95	2,78	0,46	14,92	12,84
129	2,93	18,50	3,12	14,83	15,34	626,64	3,52	4,88	0,90	13,97	12,21
44	2,7	15,16	29,32	16,70	15,12	64,84	16,63	7,54	0,17	14,18	13,13
45	2,54	14,29	29,41	17,35	15,84	941,85	3,32	14,26	0,18	14,63	13,83
12	2,44	17,53	3,52	15,20	15,25	851,45	0,83	2,98	0,25	14,94	12,33
32	2,22	16,64	3,54	15,39	16,18	82,86	4,46	2,69	0,21	14,86	12,82
23	2,03	27,44	29,78	14,96	16,25	814,38	35,65	1,57	0,19	14,38	12,50
175	2,02	22,50	29,60	16,47	15,11	195,96	7,71	5,67	0,27	14,11	13,34
3	1,97	14,57	29,57	14,43	15,96	712,42	5,24	2,34	0,30	14,74	12,48
242	1,97	1,46	3,75	14,94	15,73	65,63	3,90	7,21	0,18	13,89	12,68
135	1,94	1,65	34,80	16,95	15,44	641,63	7,75	4,63	0,19	13,51	14,44
149	1,88	95,77	29,68	32,90	5,35	42,66	564,85	0,39	0,29	13,49	13,98
51	1,79	36,51	32,24	2,27	15,72	65,29	7,73	2,88	0,26	14,17	13,39
145	1,79	23,79	3,37	17,42	15,39	165,24	2,84	0,23	0,11	9,13	88,13
77	1,77	8,60	29,12	14,10	15,47	755,38	0,50	2,30	0,22	14,22	12,94
58	1,71	9,77	3,42	17,27	15,99	64,95	4,35	2,13	0,23	14,40	11,53
10	1,71	13,97	32,76	15,66	15,26	321,78	0,68	5,88	0,24	14,29	12,75
43	1,67	2,79	32,70	17,66	15,67	861,25	1,50	5,16	0,46	14,12	12,62
168	1,6	12,97	26,26	15,49	14,90	943,17	1,52	0,76	0,14	13,51	13,10
172	1,58	14,18	29,67	2,99	15,16	999,98	6,98	6,22	0,23	13,85	12,89
19	1,57	16,70	3,82	15,17	16,29	59,47	0,73	0,32	0,25	14,89	12,74

Fonte: elaborado pela autora.

Assim, foram considerados os índices de pesquisa amostral relacionados com 54 DMUs, prosseguindo com os testes de normalidade das distribuições dos indicadores da amostra de quintil superior, apresentado na Tabela 11.

Tabela 11 - Testes de normalidade KS para os indicadores

<i>Quartil Superior</i>	<i>Kolmogorov-Smirnov^a</i>			<i>Shapiro-Wilk</i>		
	<i>Estatística</i>	<i>df</i>	<i>Sig.</i>	<i>Estatística</i>	<i>df</i>	<i>Sig.</i>
Chuva (mm/sem)*	,137	54	,200	,975	54	,939
Temp. Max (°C)	,303	54	,001	,759	54	,002
Temp. Min (°C)	,267	54	,008	,692	54	,000
ART (%)*	,172	54	,200	,896	54	,098
Dextrana (mg/L Brix)	,235	54	,035	,859	54	,029
Broca (%)	,272	54	,006	,770	54	,002
Bastonetes (10 ⁵ /mL)	,285	54	,003	,856	54	,027
Impurezas (%)	,413	54	,000	,416	54	,000
Pol (%)*	,157	54	,200	,948	54	,529
Fibra (%)	,406	54	,000	,456	54	,000

*Variáveis com distribuição normal

a. Correlação de Significância de Lilliefors

Fonte: elaborado pela autora.

Ao analisar a normalidade das distribuições de cada indicador, verificando se a distribuição é ou não normal, expressa a preocupação do pesquisador, sendo que é necessário buscar métodos alternativos nas situações em que esta suposição não está satisfeita (PAES, 2009).

Na tabela 11, é possível observar que chuva, ART e Pol obtiveram distribuição normal, e prosseguir com inferência estatística, visto que seu objetivo é obter informações para uma população a partir do conhecimento de uma única amostra (FARIAS, 2008), e, aplicado a este estudo, a amostra é o quintil superior das usinas com melhores índices de influência do campo, usando como base para a população das usinas brasileiras.

Os indicadores que apresentaram distribuição não normal, não introduzem viés na estimação dos parâmetros, mas sim, nos desvios padrões, afetando a validade dos intervalos de confiança e dos testes de hipótese (BERNIER; FENG; AZAKAWA, 2011).

Um dos efeitos da não normalidade é associado à assimetria da distribuição, quando as medidas de localização (média, mediana e moda) deixam de coincidir, sendo que, de modo geral, a não normalidade não conduz a erros muito sérios na interpretação de médias simples, embora deva ser assinalado a interpretação dos dados utilizando a mediana, que é menos sensível a *outliers* (PINO, 2014).

Assim, utilizou-se a técnica de *bootstrap*, que é uma técnica não paramétrica de reamostragem, para avaliar erros padrão e definir intervalos de confiança aproximados, incorporando automaticamente transformações para a normalidade (EFRON, 1988),

Uma diferença chave entre os vários métodos de reamostragem é se as amostras são extraídas com ou sem reposição (HAIR et al., 2005), visto que a amostragem com reposição

obtem uma observação a partir da amostra e então a coloca de volta na amostra para possivelmente ser usada novamente (COSTA, 2010).

O verdadeiro poder da reamostragem vem de amostragem com reposição, visto que esse método fornece estimativas diretas dos intervalos de confiança (HAIR et al., 2005). E, segundo Montgomery, Peck e Vining (2001) o número de reamostragens pode ser estipulado verificando a variação do desvio padrão para a estimativa do parâmetro em questão, calculado para as reamostras à medida que estas são realizadas, sendo que no momento em que esse valor se estabilizar, o tamanho da reamostra *bootstrap* estará adequado.

Segundo Efron (1988), para que a aplicação da técnica resulte em valores confiáveis, devem ser feitas, a partir da amostra mestre, centenas ou até milhares de reamostras do mesmo tamanho *n*, sendo que para este estudo, foram feitas 2000 reamostras.

Assim, após a aplicação da técnica *bootstrap*, os indicadores com distribuições não normais ficaram habilitados para geração de parâmetros como média, mediana, desvio padrão, margem de erro e limites inferior e superior, conforme apresentado na Tabela 12, juntamente com os indicadores de distribuição normal.

Tabela 12 - Estatística descritiva das variáveis obtidas na regressão linear múltipla

<i>QS</i>	<i>Chuva</i> (mm/sem)	<i>Temp.</i> Max (°C)	<i>Temp.</i> Min (°C)	<i>ART</i> (%)	<i>Dextrana</i> (mg/L Brix)	<i>Broca</i> (%)	<i>Bastonetes</i> (10 ⁵ /mL)	<i>Impur.</i> (%)	<i>Pol</i> (%)	<i>Fibra</i> (%)
Média	20,68	24,78	17,24	15,71	500,02	19,78	3,81	0,43	14,43	15,60
Mediana	16,39	28,95	16,06	15,89	510,63	2,78	3,45	0,24	14,55	12,82
Desvio Padrão	16,66	9,98	7,83	1,61	340,77	66,58	2,83	0,56	0,92	11,11
Margem de Erro*	4,44	2,66	2,09	0,43	90,89	17,76	0,76	0,15	0,25	2,96
Limite Inferior	16,24	26,29	13,97	15,28	419,74	-14,98	2,69	0,09	14,18	9,86
Limite Superior	25,12	31,61	18,14	16,14	601,51	20,54	4,20	0,39	14,67	15,78

*Intervalo de confiança ao nível de 95%.

Fonte: elaborado pela autora.

É preciso destacar que, para o cálculo dos limites inferior e superior dos indicadores de distribuição normal (chuva, ART e Pol), foram utilizadas as médias de cada um, respectivamente, enquanto para os indicadores de distribuição não normal, foram utilizadas as medianas, visto que, quando os dados têm uma distribuição distorcida, muitas vezes é preferível

citar a mediana do quintil superior, já que é estabelecida como uma estatística sumária (ALTMAN; BLAND, 1994).

De acordo com a tabela 12, é possível estabelecer o comportamento das usinas selecionadas para as visitas, sendo que, os limites inferior e superior (obtidos das operações de subtração e soma, respectivamente, da margem de erro), servem para verificação dos índices com a média ou mediana do quintil superior.

Com a seleção dos estudos de caso, é possível analisar seus respectivos indicadores, visto que é uma forma de auxiliar a aplicação dos questionários semiestruturados, já que é possível comparar os índices médios ou medianos obtidos nas DMUs, com os índices das usinas visitadas, conforme apresentado na tabela 13.

Tabela 13 - Comparação entre os índices das usinas visitadas com o quintil superior

<i>Indicadores do processo</i>	<i>Parâmetros</i>	<i>Usina A</i>	<i>Usina B</i>	<i>Usina C</i>
Chuva (mm/semana)	Entre 16,24 e 25,12	9,65	9,37	27,41
Temp. Máxima Amb. (°C)	Entre 26,29 e 31,61	31,62	29,49	30,00
Temp. Mínima Amb. (°C)	Entre 13,97 e 18,14	18,71	18,11	16,73
ART da cana no digestor (%)	Maior que 15,28	15,89	15,42	13,74
Dextrana (mg/L BRIX)	Menor que 601,51	62,57	472,43	1.475,75
Broca (%)	Menor que 3,79	2,25	1,81	2,13
Bastonetes na Prensa (x 10 ⁵ /mL)	Menor que 4,20	0,65	0,65	5,40
Impurezas (%)	Menor que 0,39	0,18	0,12	0,20
Pol cana na prensa (%)	Maior que 14,18	14,32	14,24	12,76
Fibra cana na prensa (%)	Entre 9,86 e 15,78	11,42	13,32	12,15

Fonte: elaborado pela autora.

Na tabela 13, pode-se observar os indicadores chuva, temperaturas máxima e mínima estão ligados diretamente a características ambientais, que não podem ser controladas pelas

usinas, mas sim, requerem adaptação das mesmas; outrossim, é necessário destacar que, perante ampliação da produção, por meio de compra ou arrendamento de área produtiva, são indicadores extremamente importantes, utilizados como critérios de escolha (LOPES, 2018).

Dito isso, observa-se que, dentro do parâmetro obtido para chuva nas usinas do quintil superior, nenhuma usina selecionada para visita alcançou os valores estabelecidos, enquanto para os índices de temperatura máxima e mínima, apenas a usina A não obteve valores dentro dos parâmetros estimados, mas para as entrevistas, esses indicadores, que são ambientais, foram levados em consideração no sentido de estabelecer quais as ações práticas que as usinas fazem se adaptar.

Já os indicadores ART e Pol, visualiza-se que a Usina C obteve índices abaixo das respectivas médias do quintil superior, sendo que o ideal são índices acima da média, já que ambos estão ligados com a qualidade da matéria-prima; portanto, não é interessante aplicar as questões voltadas para o ART e Pol na usina C, visto que seu desempenho nos dois indicadores foi inferior perante as outras duas usinas.

Ainda, a Usina C obteve índices de Dextrana e Bastonetes muito acima das respectivas medianas do quintil superior, o que não é interessante, visto que o alto índice de ambos indicadores é prejudicial para o desempenho da usina; logo as questões relacionadas com estes respectivos não foram aplicadas nesta usina.

Enquanto isso, todas as usinas selecionadas obtiveram um índice pequeno de Broca e Impurezas comparado com as medianas do quintil superior; assim as questões para estes indicadores são oportunas para aplicação nas três usinas selecionadas.

Por fim, no indicador Fibra, todas as usinas escolhidas obtiveram índices estatisticamente iguais à mediana do quintil superior, e assim, as questões relacionadas com o mesmo foram consideradas para as três usinas.

Assim, por meio dessa análise, foi possível direcionar os roteiros de entrevistas com funcionários das áreas agrícola e industrial, juntamente com visita dos respectivos departamentos, incluindo até mesmo, idas aos talhões de produção de cana, galpões de máquinas, setores de recebimento de cana, moendas, destilaria, refinamento e armazéns.

É possível considerar também que, a Tabela 13 é importante para detectar o baixo desenvolvimento das usinas avaliadas, visto que, como há um parâmetro para ser atingido, pode-se comparar os dados para verificação de desempenho.

Ainda, vale destacar que todas as usinas entrevistadas possuem laboratórios de análise de sacarose, variando o nível de tecnologia empregada, mas ressaltando o comprometimento que essas empresas têm com o setor, visto que, é pela mensuração da sacarose que ocorre o

pagamento de fornecedores, e conseqüentemente, o controle de qualidade da produção que afeta diretamente na lucratividade da empresa.

É importante também, analisar as variáveis relevantes de todo o processo considerando a literatura científica, assim como as variáveis resultantes da análise DEA dois estágios e variáveis citadas pelos especialistas, explanando o alcance dessa pesquisa, conforme Quadro 10.

Quadro 10 - Indicadores oriundos das análises DEA 2 estágios, especialistas e literatura

<i>Indicadores do processo produtivo</i>	<i>DEA 2 estágios</i>	<i>Análise dos especialistas</i>	<i>Literatura</i>
Chuva (mm/semana)	X	X	Monteiro (2009), Marin (2014), Basnayake et al. (2015), Carvalho, Antunes e Freire (2016), Monteiro e Sentelhas (2017), Dias e Sentelhas (2018), Pinto et al. (2018).
Temp. Máxima Amb. (°C)	X	X	Marin (2014), Ferreira et al. (2017), Sentelhas e Pereira (2019), Miranda et al. (2020).
Temp. Mínima Amb. (°C)	X	X	Marin (2014), Ferreira et al. (2017), Sentelhas e Pereira (2019), Miranda et al. (2020).
ART da cana no digestor (%)	X	X	Fernandes (2011), Gameiro Júnior, Bernardino e Amorim (2015), Santos (2016), Lemos et al. (2019), Marin et al. (2019).
Dextrana (mg Brix)	X	X	Ravnö e Purchase (2006), Silva Neto et al. (2011), Martins e Silva (2012), Sartori; Magri; Aguiar (2015), Duarte et al. (2019), Yano et al. (2019).
Broca (%)	X	X	Dinardo-Miranda e Fracasso (2013), Cristofolletti et al. (2018), Reagan e Mulcahy (2019), Sabino et al. (2019).
Bastonetes na Prensa ($\times 10^5$ ml)	X	X	Lisboa et al. (2015), Lopes et al. (2016), Madaleno et al. (2016), Silva et al. (2017), Cunha et al. (2019), Duarte et al. (2018), Duarte et al. (2019).
Impurezas (%)	X	X	Fernandes (2011), Kadwa e Bezuidenhout (2015), Bakir et al. (2016), Giometti, Teixeira e Sattolo (2017), Duarte et al. (2018), Duarte et al. (2019), Ogando et al. (2019).
Pol da cana na prensa (%)	X	X	Fernandes (2011), Gameiro Júnior, Bernardino e Amorim (2015), Santos (2016), Lemos et al. (2019), Marin et al. (2019).
Fibra da cana na prensa (%)	X	X	Lisboa et al. (2015), Oliveira et al. (2016), Lisboa et al. (2018), Jugwanth, Sewsynker-Sukai e Kana (2020).
Manejo do solo		X	Cherubin et al. (2016), Lima et al. (2017), Pires et al. (2017), Blanco-Canqui e Ruis (2018), Singh et al. (2018), Barbosa et al. (2019), Issaka et al. (2019), Guimarães Júnnyor et al. (2019), Scarpore et al. (2019), Tenelli et al. (2019), Awe, Reichert e Fontanela (2020).
Cultivares		X	Moraes et al. (2015), Souza e Maciel Filho (2016), Dumont et al. (2019), Souza et al. (2019).
Práticas agrícolas		X	Dutenkefer et al. (2018), Castro et al. (2019), Daquila et al. (2019), Khan et al. (2019), PPDB (2019), Righetto et al. (2019), Shukla et al. (2019), Silva, T. S. et al. (2019), Vuyyuru et al. (2019), Wang, Wu e Chen (2019), Urashima et al. (2020).
Colheita		X	Lisboa et al. (2017), Castioni et al. (2019), Sampaio et al. (2019), Silva, A. G. B. et al. (2019), Maldaner e Molin (2020).
Extração do caldo		X	Loubser e Jensen (2015), Oliverio et al. (2014), Solís-Fuentes et al. (2019).

Fonte: elaborado pela autora.

No quadro 10 é possível observar os indicadores do processo produtivo listados e assinalados conforme foram indicados por meio da análise DEA 2 estágios (DEA e regressão linear múltipla), validados pelos especialistas entrevistados (descritos no subcapítulo 4.2 Entrevista com Especialistas, página 94). Ainda, os especialistas acrescentaram indicadores, que, por motivos de grande complexidade dos processos e avaliação de dados, não foram quantificados para essa pesquisa, mas mesmo assim considerados nas entrevistas com os gestores das usinas, e ainda embasados pela literatura científica.

Para desenvolver uma proposta de boas práticas, foram compiladas perguntas em uma entrevista semi-estruturada com os gestores de usinas (Quadro 9, no subcapítulo 4.3 Entrevista com Estudos de Casos). Vale destacar que se encontraram práticas, que não estão na análise quantitativa, mas permanecem nos resultados, visto que não podem ser generalizadas pois não possuem sustentação estatística, mas contribuem com o objetivo geral dessa pesquisa, sendo mencionadas pelos entrevistados e importantes de serem ressaltadas.

Assim, as ações práticas de cada usina, foram elencadas de acordo com os indicadores encontrados na etapa quantitativa e nas entrevistas. No quadro 11 é possível analisar as práticas entre as usinas que obtiveram indicadores próximos ao quintil superior de ambas as variáveis analisadas.

Quadro 11 - Práticas utilizadas nas usinas para ART (%) e Pol (%) da cana

Indicador	Ações práticas	
	Usina A	Usina B
ART da cana no digestor (%)	1- Forrageira "África do Sul"	1- PPR: participação por resultados
	2- PMR: participação de metas e resultados	
	3- Cálculo do rendimento industrial	
Pol da cana na prensa (%)	4- Uso do cromatógrafo em análises laboratoriais	2- funcionário com treinamentos anuais
	5- amostra da colheita	3- Medidas PCTS
	6- sistema de transporte "bate-volta"	
	7- controle de impurezas agrícolas	4- Laboratório de análise industrial

Quartil Superior ART Acima de 15,28%	15,89	15,42
Quartil Superior Pol Acima de 14,18%	14,32	14,24

Fonte: elaborado pela autora.

Baseando-se no quartil superior relatado no quadro 11, para o índice de ART da cana no digestor, as usinas devem obter um valor superior a 15,28%, assim como o indicador Pol deve ser superior a 14,18%. Os gestores das usinas A e B afirmaram que estas variáveis são afetadas pelas atividades ocorridas no campo (espaçamento correto de mudas, uso moderado de fertilizantes, herbicidas e inseticidas, colheita da matéria-prima com baixa umidade), estruturais (capacidade de moagem) e fatores operacionais (um bom sistema de manutenção resultando em poucas paradas, regulação da velocidade de moagem, baixos níveis de impurezas minerais e vegetais).

A usina A utiliza a metodologia chamada “forrageira África do Sul”, composta de um equipamento que faz a análise de pureza da cana-de-açúcar colhida, determinando a quantidade de ART composta na amostra analisada, e ainda classificando como sacarose, frutose e glicose; outros tipos de análises que a usina faz é a utilização do cromatógrafo, para mensurar e diferenciar o açúcar de polissacarídeos como dextrana e bastonete, e também utiliza do cálculo de rendimento industrial; no campo, a usina utiliza de um sistema de transporte chamado “bate-volta”, que configura em transportar a cana recém chegada em caminhões disponíveis na frente da usina, para liberar o mais rápido possível os caminhões que participam da colheita da cana nos talhões; as amostras de cana são feitas por frente de colheita, havendo uma maior coleta de dados que possibilita informações mais precisas de um determinado talhão; e em ordem de haver a menor quantidade possível de impurezas minerais e vegetais, os funcionários da área agrícola são totalmente responsabilizados pelo processo, adicionando a participação por metas e resultados, servindo de estímulo para haver o maior controle possível de impurezas.

Já na usina B, ocorre treinamentos anuais com os funcionários, em ordem de estimular o aperfeiçoamento das tarefas, e ainda há a participação dos resultados da empresa; a usina possui um laboratório de análise industrial para mensurações ART de amostras de cana, onde ocorre as medidas de Pagamento de Cana por Teor de Sacarose (PCTS), necessário para cálculos de custos e lucros da empresa.

Chuva (mm/semana)

É um índice muito importante para o plantio e bom desenvolvimento da cana-de-açúcar e ainda, produção de ART. Contudo, para a colheita se torna um agravante, visto que aumenta a quantia de impurezas levadas do campo para a indústria, e ainda, dependendo da intensidade da chuva, a operação de colheita deve ser parada.

Assim, sob o aspecto industrial, chuvas intensas na época de colheita, prejudicam a produção de açúcar e etanol, visto que a decorrência de impurezas aumenta, assim como a chance de contaminações também é maior, ocorrendo a diminuição das eficiências geral e industrial, e da influência do campo nas DMUs.

No quadro 12, depreende-se que as três usinas avaliadas obtiveram índices diferentes ao índice das usinas do quintil superior, o que torna interessante a análise das ações praticadas relacionadas com a chuva, já que as usinas devem se adaptar às questões edafoclimáticas, quando já estabelecidas em uma determinada região, mas quando ocorrer expansões de novas áreas, deve-se seguir o parâmetro estabelecido.

Quadro 12 - Práticas utilizadas nas usinas para o indicador chuva

Indicador	Ações práticas		
	Usina A	Usina B	Usina C
Chuva (mm/semana)	1-Sistema de liquidação da colheita	1-Colheita fica parada	1-Sistema de blocos de produção
	2-Manutenção programada		
Quintil Superior Entre 16,24 e 25,12 mm/semana	9,65	9,37	27,41

Fonte: elaborado pela autora.

Com um índice no quintil superior entre 16,24 e 25,12 mm/semana, conforme o quadro 12, nenhuma usina visitada obteve o indicador chuva dentro do parâmetro, mas é interessante analisar os trabalhos realizados em cada uma, visto que chuva é uma variável ambiental, sem interferência direta dos colaboradores das usinas, com necessária adaptação das usinas para este índice.

De acordo com os gestores entrevistados, as usinas têm uma preocupação com o “tempo de recuperação”, o período que a colheita deve retornar. Quando chove, a colheita pára; assim, o mais cedo possível, essa atividade deve recomeçar, respeitando a baixa umidade da matéria-prima, para evitar impurezas.

Em relação aos indicadores das usinas A, B e C, visto que a chuva é uma variável na qual depende da região em que a usina está localizada, pode-se avaliar que cada usina tem uma especificidade para lidar com sua variação, visto que a usina A trabalha de acordo com talhões que estejam mais aptos para colheita, mantendo um programa de manutenção das máquinas, enquanto a usina B paralisa seu processo de colheita, e a usina C divide seus talhões de produção de cana, em ordem de realizar a colheita nos mais produtivos, primeiramente, e seguir isso em uma ordem sucessória.

Dextrana (mg/L BRIX)

A dextrana é um polissacarídeo, que é mensurado no processo produtivo industrial, e é encontrada após a extração do caldo da cana-de-açúcar. É possível analisar no quadro 13, as práticas utilizadas pelas usinas selecionadas.

Quadro 13 - Práticas utilizadas nas usinas para dextrana (mg/L Brix)

Indicador	Ações práticas	
	Usina A	Usina B
Dextrana (mg/L Brix)	1- Controle de incêndio ambiental	1- Tempo de espera para colheita
	2- Controle de impurezas na área agrícola	
	3- Uso do cromatógrafo	
Quartil Superior Menor que 601,51 mg/L Brix	62,57	472,43

Fonte: elaborado pela autora.

Para o indicador dextrana, conforme o quadro 13, o ideal é que as usinas obtenham valores inferiores a 601,51 mg/L Brix. Os gestores entrevistados confirmaram a relação da concentração de dextrana com a precipitação, visto que a mesma ocasiona aumento nas impurezas minerais, e assim a qualidade da matéria-prima é afetada.

Na usina A, o controle de incêndios ambientais é feito pelo fato de, à partir do momento que a cana é queimada, começa ocorrer a fermentação dos açúcares que a compõem, fazendo com que as dextranas comecem sua proliferação, e por isso há o direcionamento da colheita com urgência em áreas de queimadas; as impurezas agrícolas também devem ser controladas, principalmente as impurezas minerais em vista de conter a contaminação das dextranas; e por fim, o uso do cromatógrafo no laboratório de análises é extremamente importante, pois é por esse equipamento que há a diferenciação entre a sacarose e a dextrana.

Na usina B, a medida de controle para a dextrana é evitar a colheita de cana úmida pela chuva, pois devido à chuva, as impurezas minerais aumentam na colheita, e por isso, espera-se um determinado tempo para realizar a operação.

Temperatura máxima e mínima do ambiente (°C)

A temperatura, para uma cultura agrícola anual como a cana-de-açúcar, é um fator imprescindível no seu bom desenvolvimento e maturação. Esses indicadores são descritos no quadro 14, do mesmo modo que o índice chuva, já que são variáveis ambientais, sem controle, mas que requerem adaptações.

Ainda, ressalta-se que, ao buscar novas área produtivas, as usinas devem direcionar os interesses para o cumprimento dos índices estabelecidos pelo quintil superior, mas mesmo assim é interessante analisar as três usinas visitadas com enfoque nas temperaturas (por mais que não tenham alcançado o valor estabelecido), justamente pelo fato de que são variáveis edafoclimáticas que podem variar aleatoriamente, não havendo controle, mas sim ações preventivas.

Quadro 14 - Práticas utilizadas nas usinas para temperatura máxima e mínima

Indicador	Ações práticas		
	Usina A	Usina B	Usina C
Temperatura máxima (°C)	1- Softwares GIS/Alvo: variedades precoces, médias e tardias	1- Introdução de MPB	1- Softwares GIS/Alvo: variedades precoces, médias e tardias
Temperatura mínima (°C)		2- Sistema de imagem	
Quintil Superior Temp. Máx. Entre 26,29°C e 31,61°C	31,62	29,49	30,00
Quintil Superior Temp. Mín. Entre 13,97°C e 18,14°C	18,71	18,11	16,73

Fonte: elaborado pela autora.

Ao se basear no quintil superior das usinas, observando o quadro 14, a temperatura máxima deve-se encontrar entre 26,29 e 31,61°C, assim como a temperatura mínima do meio ambiente entre 13,97 e 18,14°C. A melhor ação a ser tomada para essa variável, segundo os gestores, é escolher a variedade de cana de acordo com aspectos edafoclimáticos, como clima e umidade, visto que a usina A utiliza softwares para organizar seu processo de colheita de acordo com as variedades de cana, dividindo os talhões de acordo com variedades que maturam de acordo com o tempo, por isso o nome de precoce, média e tardia, enquanto as usinas B e C,

utilizam plantio de mudas pré brotadas (MPB), que permite melhor controle e maior qualidade da produção, e softwares de imagens, para localizar os talhões que necessitam de colheita com maior urgência.

Broca (%)

A broca é uma praga que afeta a produção de cana-de-açúcar, prejudicando a produção de açúcar e etanol da indústria. No quadro 15 encontram-se as práticas realizadas pelas usinas, em ordem de comparar suas ações referentes ao manejo da broca.

Quadro 15 - Práticas utilizadas nas usinas para broca (%)

Indicador	Ações práticas		
	Usina A	Usina B	Usina C
Broca da cana-de-açúcar (%)	1- Controle químico aéreo	1- Controle biológico	1- Controle biológico
	2- Uso de inseticida biológico	2- Vespas são soltas como iscas por drone	2- Vespas são soltas como iscas manualmente
	3- Manejo durante a safra		
Quintil Superior Menor que 3,79%	2,25	1,81	2,13

Fonte: elaborado pela autora.

A broca da cana deve obter valores menores que 3,79% comparando-se com as usinas do quintil superior, de acordo com o quadro 15, e os gestores afirmaram que o índice de infestação está relacionado ao controle de pragas, que é feito por métodos químicos e biológicos, com o objetivo de evitar sua infestação.

A usina A realiza controle químico, utilizando aviões para passar os produtos; utiliza também inseticida biológico, compostos por três tipos de moléculas químicas diferentes para não haver resistência da broca; e ainda realiza manejo da cultura durante toda a safra, onde funcionários são treinados para levantamento e controle da praga.

Na usina B ocorre o controle biológico, a partir da liberação de moscas que são predadoras das brocas, sendo essas moscas liberadas por drones, visto que foi um grande investimento para a usina nas últimas safras, havendo resultados positivos no controle.

Já na usina C há o controle biológico manual, no qual as moscas são soltas aleatoriamente pelos funcionários, nos talhões de cana infectados.

Bastonetes na prensa ($10^5/\text{mL}$)

A mensuração de bastonetes é um índice de resultado do processo produtivo industrial, feito no mosto gerado após a fermentação alcoólica, para a produção de etanol. Segue o quadro 16 com práticas realizadas por duas usinas para o índice de bastonetes.

Quadro 16 - Práticas utilizadas nas usinas para bastonetes ($\times 10^5$ mL)

Indicador	Ações práticas	
	Usina A	Usina B
Bastonetes (10^5 mL)	1- Microbiologista especialista em análises	1- Equipe de laboratório treinada para coletar dados
	2- Cana queimada é direcionada para uma única moenda	
	3- Uso de antibióticos na moenda	
Quartil Superior Menor que $4,20 \times 10^5$ mL	0,65	0,65

Fonte: elaborado pela autora.

Bastonetes na prensa, na análise da mediana do quartil superior, conforme observado no quadro 16, as usinas devem manter os índices menores que $4,20 \times 10^5$ mL. Segundo os gestores, para manter um baixo nível de contaminação, as usinas contam com uma equipe operacional de alta capacidade técnica e experiência, assepsia focada, controle de temperatura, uso de antibióticos no caldo, com monitoramento e tratamento das leveduras.

A usina A tem como contratada uma microbiologista especialista em análises de bastonetes, responsável por identificar amostras de cana comprometidas; quando ocorre acidentes que acabam queimando a cana, a usina deixa uma moenda específica para moer os talhões prejudicados, para não haver contaminação da cana que não sofreu por essa injúria; por fim, para controlar a possível contaminação de bastonetes, usa-se antibióticos.

A usina B elabora treinamentos constantes para aperfeiçoamento da coleta de amostras e processamentos dos dados, em ordem de identificar com maior precisão as amostras contaminadas.

Impurezas (%)

As impurezas são medidas após a colheita, e são divididas em impurezas minerais e vegetais. É imprescindível o controle desse indicador, que variou entre as usinas analisadas, conforme consta o quadro 17.

Quadro 17 - Práticas utilizadas nas usinas para impurezas (%)

Indicador	Ações práticas		
	Usina A	Usina B	Usina C
Impurezas (%)	1- Treinamento do operador de colheita	1- Treinamento do operador de colheita	1- Treinamento do operador de colheita
	2- PMR: participação de metas e resultados	2- PPR: participação por resultados	2- PPR: participação por resultados
Quintil Superior Menor que 0,39%	0,18	0,12	0,20

Fonte: elaborado pela autora.

O indicador de impureza deve atingir, no máximo, uma taxa de 0,39% de acordo com as usinas analisadas no quintil superior (quadro 17). As ações praticadas por todas as usinas entrevistadas são semelhantes, visto que, as impurezas, sejam minerais ou vegetais, requerem atenção na etapa de colheita, e assim, o treinamento dos operadores que trabalham na colheita é imprescindível, sendo no caso da colheita mecanizada, pontos a serem observados itens da colhedora, como a importância da utilização em sincronia das facas picadoras e manutenção das mesmas, manter os extratores primários e secundários regulados, trabalhar com o despontador ligado (quando a cana estiver ereta), e operar com velocidade de 4,5 a 5 km/h para preservar o corte.

Assim, como estímulo, os operadores têm metas para sempre controlarem as impurezas, e por isso as usinas fazem os programas de participação de metas e resultados.

Fibra da cana na prensa (%)

A fibra da cana na prensa varia de acordo com o cultivar genético plantado nos talhões de produção. No quadro 18 encontram-se as ações tomadas pelas usinas analisadas.

Quadro 18 - Práticas utilizadas nas usinas para fibra da cana na prensa (%)

Indicador	Ações práticas		
	Usina A	Usina B	Usina C
Fibra da cana na prensa (%)	1- Software Alvo (precoce, média e tardia)	1- Método PCTS	1- Método PCTS
	2- Fim da safra é maior, usa-se bagaço para queima na caldeira		
	3- Método PCTS/Africa do Sul		
Quartil Superior Menor que 15,78%	11,42	13,32	12,15

Fonte: elaborado pela autora.

O último indicador analisado foi a fibra de cana-de-açúcar, observado no quadro 18, estabelecido que as usinas analisadas devem conter índices de até 15,78%, de acordo com as usinas do quartil superior. Segundo os gestores, está relacionado à quantidade de matéria seca e insolúvel contida na cana-de-açúcar, sendo que as ações para essa variável são priorizar a variedade da cana-de-açúcar, treinar a equipe operacional da indústria, no sentido de orientar para a moagem com um volume adequado de cana-de-açúcar.

A usina A utiliza softwares para organizar seu processo de colheita de acordo com as variedades de cana, visto que, as variedades de cana podem ser do tipo precoce, média e tardia, e, quando não se respeita o tempo ideal para cada tipo, a quantidade de fibra aumenta, e a sacarose acumulada diminui; ainda, devido a aspectos edafoclimáticos, a usina não fica imune do risco de haver matéria-prima fibrosa, e assim, uma solução é utilizar o bagaço de cana (resultado da moagem) para geração de energia; e, por fim, a usina utiliza da metodologia “forrageira África do Sul” e PCTS, para analisar a pureza da cana-de-açúcar colhida, determinar ART e quantidade de fibras.

A usina B utiliza softwares de imagens, para localizar os talhões que necessitam de colheita com maior urgência, justamente para evitar que a matéria-prima acumule fibra; ainda tanto a usina B quanto a usina C realizam a análise industrial para mensurações de ART das amostras de cana, pelo método PCTS, para detectar a qualidade da cana, e nesse aspecto, a quantidade de fibra.

Manejo do solo

O manejo do solo foi um indicador selecionado pelos especialistas entrevistados, visto que é considerado como a primeira etapa para o sucesso da produção canavieira, e por isso, também foi considerado pelas usinas entrevistadas, com suas respectivas ações, descritas no quadro 19.

Quadro 19 - Práticas utilizadas nas usinas para manejo de solo

Indicador	Ações práticas		
	Usina A	Usina B	Usina C
Manejo do solo	1- Uso de curva de nível embutida	1- Uso de canteirização e curva de nível	1- Uso de curva de nível embutida
	2- Amostras do solo para correção e fertilização	2- Amostras do solo para correção e fertilização	2- Amostras do solo para correção e fertilização

Fonte: elaborado pela autora.

Conforme as informações do quadro 19, observa-se que as usinas A e C utilizam, para o manejo do solo, a técnica de curva de nível embutida, que consiste em criar barreiras de terra em terreno com declive, com o objetivo de reter a água de chuva e os nutrientes da camada fértil que podem descer, causando erosão do solo (BRSCAN, 2016).

Já a usina B varia seu manejo de solo entre a curva de nível e a canteirização, que, dependendo do tipo de solo e relevo, é um sistema que visa delimitações de áreas para o desenvolvimento vegetal e de linhas permanentes para tráfego agrícola, com o intuito de reduzir a ocorrência de tráfego sobre as plantas, por meio de um preparo de solo localizado, com redução na quantidade de operações diferentes realizadas (GRISOTTO, 2018).

Ainda, as três usinas realizam amostras de solo para avaliação de nutrientes e correção de acidez, com aplicação em doses controladas de calcário, gesso e fertilização com macro e micronutrientes.

Cultivares

Os cultivares que são utilizados para o plantio de cana-de-açúcar são essenciais para uma boa produtividade do talhão de produção, e de acordo com o quadro 20, observam-se as ações feitas pelas usinas entrevistadas.

Quadro 20 - Práticas utilizadas nas usinas para cultivares

Indicador	Ações práticas		
	Usina A	Usina B	Usina C
Cultivares	1- Cultivares selecionados de acordo com aspectos edafoclimáticos	1- Cultivares selecionados de acordo com aspectos edafoclimáticos	1- Cultivares selecionados de acordo com aspectos edafoclimáticos
	2- Plantio mecanizado	2- Plantio mecanizado e manual	2- Plantio manual
	3- Meiosi e cantosi para produção de mudas	3- Meiosi e cantosi para produção de mudas com MPB	3- Meiosi e cantosi para produção de mudas

Fonte: elaborado pela autora.

As três usinas entrevistadas, de acordo com o quadro 20, realizam uma seleção dos melhores cultivares de acordo com as características ambientais e climáticas dos seus talhões de produção, almejando a melhor produtividade possível, sendo mantidos com alta qualidade pelas usinas, em vista das mudas serem sadias e produtivas, não comprometendo a produção futura.

Ainda, as três usinas se diferem em relação ao tipo de plantio, onde o plantio mecanizado é escolhido pelas usinas A e B por ser mais rápido, sendo que em contrapartida, a usina C prefere o plantio manual visto que o percentual de falhas na brotação é menor, e por sua facilidade independente do relevo do solo, sendo este último motivo elencado também pela usina B.

As três usinas entrevistadas também realizam meiosi e cantosi para a produção de mudas. Define-se meiosi como Método Interrotacional de Ocorrendo Simultaneamente, visto que, geralmente, planta-se de maneira intercalada uma ou duas linhas com cana-de-açúcar e consecutivamente 8 linhas de uma cultura fixadora de nitrogênio (amendoim, soja), e, após a colheita do amendoim ou soja, utilizam-se as linhas de cana como mudas daquele mesmo espaço, evitando pisoteamento excessivo do solo, além de economizar no sistema logístico de carregamento de mudas, conforme também é afirmado por Sociedade Nacional de Agricultura (2016) e Ferreira Júnior et al. (2014).

Já a cantosi é o método de utilizar um espaço dentro do talhão de produção para o desenvolvimento de mudas, visto que não necessariamente fica próximo ao talhão que receberá o plantio das mudas, mas, como pode ser observado no quadro 18, ainda é utilizado por todas as usinas, visto que é menos custoso, e ainda, para a realização da meiosi é necessário o uso de mapeamento por satélites (AMORIM, 2019).

Por fim, destaca-se a usina B por utilizar mudas pré brotadas (MPB) na meiosi, que é um tipo de plantio desenvolvido pelo Programa Cana do Instituto Agrônômico (IAC), que permite reduzir a quantidade de mudas, o número de falhas e os riscos de propagação de pragas e doenças (XAVIER et al., 2014).

Práticas agrícolas

As práticas agrícolas estão relacionadas com o desenvolvimento da cultura da cana-de-açúcar, onde ocorre os processos de fertilização, e aplicação de defensivos agrícolas. No quadro 21 é possível visualizá-las como ocorrem nas três usinas visitadas para esta pesquisa.

Quadro 21 - Práticas utilizadas nas usinas para práticas agrícolas

Indicador	Ações práticas		
	Usina A	Usina B	Usina C
Práticas agrícolas	1- Observação visual das folhas para falta de micronutrientes	1- Observação visual das folhas para falta de micronutrientes	1- Observação visual das folhas para falta de micronutrientes
	2- Observação visual de manchas na plantação	2- Observação visual de manchas na plantação	2- Uso de drones para visualização de manchas na plantação
	3- Armadilhas para contagem de pragas	3- Armadilhas para contagem de pragas	3- Armadilhas para contagem de pragas
	4- Observação visual da palhada	4- Observação visual da palhada	4- Observação visual da palhada
	5- Catação química	5- Catação química	5- Catação química

Fonte: elaborado pela autora.

Conforme o quadro 21, observa-se que as usinas A, B e C foram observadas ações práticas que, necessariamente, requer o envolvimento constante dos colaboradores, como por exemplo as observações visuais das plantações, que exige treinamento e constante atenção das equipes de trabalho de campo, visto que, ao analisar as folhas, é possível detectar falta de micronutrientes, assim como a observação da palhada e a presença de reboleiras podem detectar presença de pragas como cigarrinha.

Ainda, utilizam-se armadilhas colocadas aleatoriamente nas plantações para posteriormente se fazer a contagem da presença de broca da cana, com avaliação da infestação, e também aplicações de herbicidas (catação química) nas plantas daninhas que brotam após os procedimentos usuais.

Por fim, destaca-se a usina a B, que se diferencia das outras usinas por utilizar drones para as observações visuais de manchas nas plantações, que facilitam na identificação de broca e cigarrinha, principalmente quando o plantio alcança tamanhos maiores de um metro e meio.

Colheita

Segundo os entrevistados, a colheita é um processo muito importante a ser destacado visto que, dependendo da maneira realizada, afeta diretamente a extração do caldo. Um ponto em comum com todas as usinas visitadas é a mecanização da colheita, obtendo a cana-de-açúcar picada, visto que nas três usinas visitadas é uma realidade, sendo que, apenas para determinados procedimentos, como áreas de plantio de mudas, que as usinas utilizam a colheita manual de cana-de-açúcar inteira.

Assim, no quadro 22, ocorre a descrição de práticas utilizadas nas usinas visitadas para posterior comparação.

Quadro 22 - Práticas utilizadas nas usinas para colheita

Indicador	Ações práticas		
	Usina A	Usina B	Usina C
Colheita	1- Treinamento dos colaboradores do processo de colheita	1- Treinamento dos colaboradores do processo de colheita	1- Treinamento dos colaboradores do processo de colheita
	2- Metas para funcionários da colheita	2- Metas para funcionários da colheita	2- Metas para funcionários da colheita
	3- Evitar colheita com chuva	3- Evitar colheita com chuva	3- Evitar colheita com chuva
	4- Nas paradas devido à chuva, realizar manutenção nas colhedoras		

Fonte: elaborado pela autora.

Ao analisar o quadro 22 depreende-se que as três usinas realizam o treinamento dos colaboradores do processo de colheita, tendo em vista o cumprimento das normas de segurança e também a maximização do desempenho do processo, como estabelecer uma velocidade, fixar o número de horas trabalhadas por colaborador com uma quantia ótima de hectares para maximizar a produtividade da colheita.

Dito isso, todas as usinas visitadas desenvolvem metas para os colaboradores da colheita exercerem as atividades como foram treinados, e ainda, buscarem pela melhoria contínua das atividades.

Ainda, evitar a colheita com chuva também é uma ação praticada por todas as usinas, já que, com a chuva, ocorre o aumento de impurezas vegetais e minerais que, devido à umidade, prejudicam o processo de colheita, e ainda, aumentam-se os riscos de levar contaminantes para o processo de moagem.

Por fim, pode-se destacar que a usina A, como um diferencial entre as outras usinas, aproveita as paradas do processo de colheita por causa da chuva, e ainda, realizar manutenção nas colhedoras, como forma de melhorar o processo de prevenção de acidentes e manutenção de peças.

Extração do caldo

A extração tem como produto principal o caldo misto e como resíduo, o bagaço, que é encaminhado às caldeiras para combustão. O caldo misto é encaminhado à pesagem e, posteriormente, à fase de preparo do mosto.

A extração do caldo é uma etapa muito importante, considerada pelos especialistas entrevistados, e por isso, também levada em consideração na entrevista com os gestores das usinas, por isso foi destacada nessa pesquisa, podendo ser observada no quadro 23.

Quadro 23 - Práticas utilizadas nas usinas para extração do caldo

Indicador	Ações práticas		
	Usina A	Usina B	Usina C
Extração do caldo	1- Uso de moendas	1- Uso de moendas	1- Uso de moendas
	2- Controle de qualidade do caldo	2- Controle de qualidade do caldo	2- Controle de qualidade do caldo

Fonte: elaborado pela autora.

Em escala industrial, a extração pode ser realizada utilizando moendas ou difusores, sendo que moendas são constituídas por conjuntos de três ou cinco rolos, onde os toletes de cana-de-açúcar são prensados, separando o caldo do bagaço (DIAS et al., 2015); e alternativamente, os difusores são dispositivos de extração da sacarose por meio de lixiviação com água em contra a corrente (RAVNÖ, 2001).

As moendas são o método tradicional e mais difundido de extração em todo o mundo, no entanto, a presença dos difusores na indústria da cana-de-açúcar não deve ser negligenciada, como, por exemplo, na África do Sul onde 90% da cana produzida é processada por meio de difusores (SINGELS et al., 2017).

Assim, analisando o quadro 23, observa-se que as três usinas entrevistadas utilizam moendas no processo de extração de caldo, e pode ser considerado como um retrato da produção sucroenergética brasileira, visto que o uso de difusores ainda é muito baixo em relação ao uso de moendas, sendo que de acordo com Geraldo (2019), na safra de 2019/2020, registrou-se 8% de usinas que utilizam difusores, de um total de 444 usinas existentes no Brasil.

Ainda, o controle de qualidade do caldo é uma etapa essencial após a moagem, pois, segundo os entrevistados nas usinas, é pelas amostras do caldo, retiradas após a extração, que é estabelecido o teor de impurezas contidas no mesmo, analisando a necessidade de correção com o uso de antibióticos e corretores de pH, e também para regulação das moendas, para que a produção de açúcar e etanol seja feita com excelência.

Ao analisar as ações práticas de cada usina, elencadas de acordo com os indicadores da etapa quantitativa, é possível entender que o processo produtivo sucroenergético possui um

fluxo de comportamento, que é derivado das oscilações das variáveis observadas, resultando em uma melhora da eficiência geral e/ou da eficiência industrial, definindo a influência do campo positiva, neutra ou negativa.

Dito isso, é possível visualizar na figura 15, a apresentação do fluxo de comportamento das variáveis.

Figura 15 - Fluxo de comportamento entre influência do campo com variáveis

Fonte: elaborado pela autora.

Na figura 15, é necessário relembrar o conceito definido previamente na metodologia dessa tese (item 3.2, página 51), sendo que é estabelecido as variações de comportamento de uma determinada usina, por meio da mensuração da influência do campo (θ_c). Ainda, a influência do campo é resultado da subtração entre o índice de eficiência geral (Ef_g) - que considera as áreas agrícola e industrial de uma usina - com o índice de eficiência industrial (Ef_i), que considera apenas a área industrial. Assim, com a influência do campo estabelecida, é possível identificar o comportamento dos indicadores do processo produtivo.

Ainda, de acordo com a figura 15, observam-se indicadores observados pelos entrevistados: manejo do solo, cultivares, práticas agrícolas, colheita e extração, que não foram

obtidos de maneira quantitativamente, mas que devem ser ressaltados no sentido de beneficiar a influência do campo.

Já os indicadores chuva, temperatura máxima e mínima, por serem indicadores ambientais, sua variação não tem controle, mas é necessária a adaptação da produção, enquanto os índices de ART e Pol serão sempre desejáveis seu percentual máximo, visto que expressam o bom desempenho agrícola e industrial.

Por fim, há os índices indesejáveis no processo produtivo, resultando em esforço agrícola e industrial para evitá-los e serem controlados, como são os casos dos índices de impureza, dextrana, bastonetes, broca; e no caso do índice de fibra, pode-se adaptar a produção, se o mesmo for muito elevado, para a geração de bioenergia.

5 DISCUSSÃO: PROPOSTA DE BOAS PRÁTICAS

A elaboração de boas práticas em uma indústria, requer uma complexa análise do sistema produtivo, na qual usa seus recursos e participa de atividades destinadas a aumentar seus lucros (FERREIRA et al., 2017).

Logo, de acordo com as entrevistas realizadas nas usinas, foi possível comparar as ações que realizam para cada indicador analisado, permitindo uma visão da localização destes indicadores no processo produtivo da cana-de-açúcar.

Nas entrevistas realizadas, depreendeu-se que a colheita com chuva deve ser evitada, pois, geralmente, no solo de um plantio de cana-de-açúcar, há palhada da safra anterior, e quando chove, as impurezas, tanto minerais quanto vegetais, se acumulam na matéria-prima, que além de ser prejudicial para a colhedora, afeta a extração do caldo da indústria, ficando suscetível à bactérias e contaminação.

Os talhões de plantio podem ser organizados de uma maneira lógica para se colher a matéria-prima no seu melhor ponto de maturação, e por isso, a colheita deve-se iniciar nas variedades precoces (tempo de maturação baixo), e suceder-se a variedades médias e, depois, tardias.

A cana-de-açúcar vem sendo melhorada geneticamente de acordo com o clima, solo, doenças e região de plantio, de acordo com Dumont et al. (2019); Souza e Maciel Filho (2016) e Souza et al. (2019). Assim, a escolha da variedade genética de acordo com o local torna-se essencial para o bom desenvolvimento da planta.

A colheita mecanizada é uma realidade na região Centro-Sul do Brasil (CASTIONI et al., 2019; LISBOA et al., 2017; MALDANER; MOLIN, 2020; SAMPAIO et al., 2019; SILVA, A. G. B. et al., 2019) e de acordo com os entrevistados, o sucesso da colheita depende da

capacidade do operador da máquina, no qual deve estar sempre atento a quantidade de impurezas que são trazidas com a matéria-prima, sendo que o ideal, é obter a menor quantidade possível.

Além de evitar a colheita com chuva, é necessário esperar a cana-de-açúcar secar para realizar a colheita, visto que, a colheita de cana úmida agrega impurezas, prejudicando a colhedora e a extração do caldo.

Todos os entrevistados dessa pesquisa também afirmaram que as práticas agrícolas são essenciais para amenizar as impurezas minerais e vegetais, visto que o uso correto de adubos, herbicidas e inseticidas melhoram a qualidade da matéria-prima, consequentemente, minimizando a possibilidade de contaminação no caldo extraído para a produção de açúcar e etanol.

Um ponto comum aos entrevistados é a realização de um programa de participação no lucro e resultados da empresa, visto que funciona como um estímulo aos colaboradores que cumprem as metas estabelecidas pelas usinas, sendo que o ideal é, o controle de impurezas e moagem da indústria, alcançarem níveis máximos de extração dos açúcares componentes da matéria-prima, evitando a contaminação dos produtos finais.

Ainda, como o processo produtivo de açúcar e etanol envolve as áreas agrícola e industrial, os colaboradores de ambas as partes devem coletar amostras periódicas para o controle de qualidade da produção, no intuito de obter informações e dados constantes para possíveis correções e melhorias.

Concordando com Barbosa et al. (2019); Loubser e Jensen (2015); Oliverio et al. (2014); Solís-Fuentes et al. (2019), a extração do caldo da matéria-prima é o resultado de todo o processo agrícola, e posteriormente, os esforços da área industrial devem ser direcionados para o controle de contaminações, para obtenção de açúcar e etanol de boa qualidade. Dito isso, a tecnologia envolvida para coleta de amostras na área industrial também é importante, visto que quanto maior a precisão das amostras, maior o controle da indústria nos produtos finais.

Os entrevistados também ressaltaram a importância da comunicação entre as áreas agrícola e industrial, pois são áreas dependentes no processo produtivo, visto que a maior preocupação da indústria é receber matéria-prima de boa qualidade e com o mínimo de impurezas, assim como a área agrícola visa produzir cana-de-açúcar com o maior índice possível de ART, e também com o mínimo de impurezas.

Ainda, cabe à indústria avaliar a quantidade de cana processada na safra, e relacionar com a capacidade de extração de caldo da usina, e ainda aproveitar o bagaço derivado da extração para geração de energia ou etanol de segunda geração, visto também que é a indústria

que deve elaborar planos de manutenção das máquinas do processo e, conseqüentemente, orientar os colaboradores dessa área da melhor maneira possível.

Baseando-se nessas informações, fez-se uma análise entre as ações praticadas pelas usinas, sendo que as ações, de um modo geral, acabam por controlar, geralmente, mais de um indicador, e assim, gerar boas práticas, como mostra o quadro 24.

Para cada variável, os entrevistados apontavam boas práticas que eram encadeadas e apresentavam impacto nas etapas produtivas subsequentes. Por essa razão, as boas práticas apresentadas na terceira coluna do Quadro 24 são para atender mais de uma variável listada na primeira coluna. Por exemplo, a boa prática “Evitar colheita na chuva” está relacionada com: não colher na chuva, pois deixa no solo palha e areia, conduzindo maior quantidade de impureza, e esse processo na indústria gera bastonetes e dextrana.

Quadro 24 - Boas práticas de acordo com os índices analisados

Indicadores	Processos relacionados	Boas práticas	
Chuva (mm/semana)	Ambiente	1. Evitar colheita com chuva.	
Manejo de solo	Plantio		
Impurezas da cana-de-açúcar (%)	Colheita		
Bastonetes (×10 ⁵ mL)	Indústria		
Dextrana (mg/L na base Brix)			
Temperatura máxima (°C)	Ambiente	2. Estabelecer colheita de acordo com as variedades (precoces, médias e tardias).	
Temperatura mínima (°C)	Indústria		
Cultivares			Plantio
ART da cana no digestor (%)			
Pol da cana-de-açúcar (%)			
Fibra da cana-de-açúcar (%)			
Temperatura máxima (°C)	Ambiente	3. Estabelecer variedades genéticas de cana-de-açúcar de acordo com o local do plantio.	
Temperatura mínima (°C)	Indústria		
Cultivares			Plantio
ART da cana no digestor (%)			
Pol da cana-de-açúcar (%)			
Tipo de colheita	Colheita	4. Treinar colaboradores da área agrícola.	
Impurezas da cana-de-açúcar (%)			
Chuva (mm/semana)	Ambiente	5. Esperar um período de tempo após a chuva para realizar colheita.	
Tipo de colheita	Colheita		
Impurezas da cana-de-açúcar (%)			
Chuva (mm/semana)	Ambiente	6. Controle de impurezas minerais e vegetais.	
Práticas agrícolas	Desenvolvimento da cultura		
Impurezas da cana-de-açúcar (%)	Colheita		
Bastonetes (×10 ⁵ mL)	Indústria		

Dextrana (mg/L na base Brix)		
Práticas agrícolas	Desenvolvimento da cultura	7. Controlar a qualidade na etapa de desenvolvimento da cana-de-açúcar até a colheita.
Broca da cana-de-açúcar (%)		
Tipo de colheita	Colheita	
Impurezas da cana-de-açúcar (%)		
Dextrana (mg/L na base Brix)	Indústria	
Bastonetes ($\times 10^5$ mL)		8. Realizar programa de participação nos lucros com os colaboradores.
Impurezas da cana-de-açúcar (%)	Colheita	
Extração do caldo		
ART da cana no digestor (%)	Indústria	
Pol da cana-de-açúcar (%)		
Dextrana (mg/L na base Brix)		
Bastonetes ($\times 10^5$ mL)		9. Treinar colaboradores da área agrícola (amostragem de colheita e pragas) e da área industrial (amostragem para análises laboratoriais).
Broca da cana-de-açúcar (%)	Desenvolvimento da cultura	
Impurezas da cana-de-açúcar (%)	Colheita	
Extração do caldo		
ART da cana no digestor (%)	Indústria	
Pol da cana-de-açúcar (%)		
Dextrana (mg/L na base Brix)		
Bastonetes ($\times 10^5$ mL)		10. Controlar contaminação do mosto na indústria.
Impurezas da cana-de-açúcar (%)	Colheita	
Extração do caldo		
Dextrana (mg/L na base Brix)	Indústria	
Bastonetes ($\times 10^5$ mL)		11. Realizar análises laboratoriais nas amostras de cana-de-açúcar: método PCTS e outros.
ART da cana no digestor (%)	Indústria	
Pol da cana-de-açúcar (%)		12. Comunicação direta entre colaboradores da área agrícola e industrial.
Impurezas da cana-de-açúcar (%)	Colheita	
Extração do caldo		
ART da cana no digestor (%)	Indústria	
Pol da cana-de-açúcar (%)		13. Treinar colaboradores da área industrial (foco na manutenção e operação).
Broca da cana-de-açúcar (%)	Desenvolvimento da cultura	
Extração do caldo		
Dextrana (mg/L na base Brix)	Indústria	
Bastonetes ($\times 10^5$ mL)		14. Compreender o volume de cana com a capacidade da usina.
Extração do caldo	Indústria	
Sugarcane ART on digestor (%)		
Pol da cana-de-açúcar (%)		
Fibra da cana-de-açúcar (%)		15. Utilizar o bagaço para geração de energia elétrica.
Cultivares	Plantio	
Extração do caldo	Indústria	
Fibra da cana-de-açúcar (%)		

Fonte: elaborado pela autora.

Ao analisar as boas práticas geradas pelas informações coletadas nas entrevistas, depreende-se a importância da área agrícola na produção de açúcar e etanol, visto que, inicialmente, para uma matéria-prima de qualidade, todos os esforços devem ser feitos no campo, desde a seleção da variedade genética a ser plantada, passando pelo plantio, desenvolvimento da cultura e colheita com o objetivo de entregar a matéria-prima na indústria, com a maior concentração possível de açúcares e o menor índice possível de impurezas. Ainda, as boas práticas geradas podem ser subdivididas em agrícolas, industriais e gerenciais, sendo possível estabelecê-las em um *framework*, facilitando a visão do leitor para compreensão dos resultados obtidos, observado na Figura 16.

Nos estudos organizacionais, o papel dos *frameworks* é facilitar o entendimento e comunicação entre participantes de uma situação que possam ter diferentes perspectivas, suportar o processo de tomada de decisão e de resolução de problemas (SHEHABUDDEEN et al., 2000), visto que os *frameworks* são utilizados como uma forma de traduzir temas complexos em formas que possam ser estudadas e analisadas (LIMA; LEZANA, 2005).

Pode-se dizer que, as abordagens para obtenção deste *framework* foram do tipo quantitativa, por meio da análise de dados por meio da abordagem DEA dois estágios, para obtenção das variáveis a serem estudadas nesta pesquisa; e ainda, a abordagem qualitativa, que inclui extensa pesquisa bibliográfica, consulta com especialistas do setor, e finalmente, entrevistas realizadas utilizando um questionário semi-estruturado.

Figura 16 - *Framework* das boas práticas

Fonte: elaborado pela autora.

Analisando o *framework*, na figura 16, identifica-se que as boas práticas geradas envolvem diversas variáveis do processo produtivo, compreendendo que as ações a serem tomadas devem levar em consideração o conjunto de variáveis envolvidas.

Por exemplo, a boa prática 1, “evitar colheita com chuva”, fica inviável de ser praticada ao considerar a ausência de chuva e o manejo de solo, considerando apenas as impurezas, bastonetes e dextrana. Para ser realizada, é uma boa prática que deve ser realizada em conjunto com todas as variáveis descritas para obter um resultado satisfatório.

Um outro exemplo: ao analisar a boa prática 8, “Realizar programa de participação nos lucros com os colaboradores”, a mesma não surtirá efeito se for realizada apenas para funcionários que trabalham na área agrícola, visto que os funcionários da área industrial dependem dos resultados obtidos anteriormente, assim como os colaboradores da área agrícola dependem dos resultados da área industrial para tomarem ações corretivas no processo.

Por fim, ao analisar as boas práticas e categorizá-las em três tipos (agrícola, industrial e gerencial), é possível englobá-las nos seus respectivos setores, identificando que algumas delas se interseccionam em dois tipos de categorias, ou até mesmo os três tipos, como pode-se observar na Figura 17.

As boas práticas 9, 12 e 14, analisadas na figura 17, são elementos comuns, ou seja, são passíveis de realização à partir do momento que há o envolvimento dos setores agrícola, industrial e gerencial, visto que o treinamento de colaboradores das áreas agrícola e industrial corresponde a ambas, e ainda à área gerencial, responsável pela gestão da organização; outrossim a comunicação direta entre colaboradores e a compreensão do volume de cana com a capacidade da indústria só é possível com as três áreas trabalhando conjuntamente.

Figura 17 - Resumo das boas práticas

BP	Categorização das Boas práticas
1	Evitar colheita com chuva.
2	Estabelecer colheita de acordo com as variedades (precoces, médias e tardias).
3	Estabelecer variedades genéticas de cana-de-açúcar de acordo com o local do plantio.
4	Treinar colaboradores da área agrícola.
5	Esperar um período de tempo após a chuva para realizar colheita.
6	Controlar impurezas vegetais e minerais.
7	Controlar a qualidade na etapa de desenvolvimento da cana-de-açúcar até a colheita.
8	Realizar programa de participação nos lucros com os colaboradores.
9	Treinar colaboradores da área agrícola (amostragem de colheita e pragas) e da área industrial (amostragem para análises laboratoriais).
10	Controlar contaminação do mosto na indústria.
11	Realizar análises laboratoriais nas amostras de cana-de-açúcar: método PCTS e outros.
12	Comunicação direta entre colaboradores da área agrícola e industrial.
13	Treinar colaboradores da área industrial (foco na manutenção e operação).
14	Compreender o volume de cana com a capacidade da usina.
15	Utilizar o bagaço para geração de energia elétrica.

Fonte: elaborado pela autora.

Ainda, na figura 17, depreende-se que a boa prática 6 é comum aos setores agrícola e industrial, sendo que é área agrícola que tenta ao máximo reduzir as impurezas, e a área industrial controla o recebimento de matéria-prima, que, ao averiguar impurezas, comunica imediatamente o setor agrícola.

Já a boa prática 10 se relaciona com os setores industrial e gerencial, visto que o mosto é resultado do processo fermentativo do suco extraído da cana-de-açúcar, mas há um limite de produção para o mesmo, visto que o setor gerencial, juntamente com o industrial, decide este valor.

E a boa prática 4 é uma intersecção entre o setor agrícola e gerencial visto que os colaboradores da área agrícola devem ser treinados em vista de manter as metas realizadas em conjunto com a área gerencial.

6 CONCLUSÕES

O mapeamento do processo produtivo completo de bioenergia renovável desde a área agrícola até o processamento industrial permitiu responder duas lacunas identificadas por este trabalho: primeiramente que os estudos publicados até o momento avaliavam partes específicas do todo e até o momento desconectadas; e o segundo foi avançar de maneira aprofundada para descrever como os indicadores encontrados em trabalhos quantitativos são realizados na prática. Esse novo olhar mais integral e sistêmico gerou como resultado boas práticas que podem inferir na melhor eficiência geral deste setor.

Os trabalhos apresentados nessa tese apresentam uma visão segregada de cada componente: Awe, Reichert e Fontanela (2020), Barbosa et al. (2019), Blanco-Canqui e Ruis (2018), e Castioni et al. (2019) assumem os aspectos relacionados exclusivamente ao solo; Basnayake et al. (2015) sobre recursos hídricos; Cristofolletti et al. (2018), e Daquila et al. (2019) restringem seus estudos a broca da cana-de-açúcar; Dumont et al. (2019) apontam os ganhos de produtividade restrito às variedades genéticas, entre outros.

Assim, essa pesquisa trouxe como contribuição a proposição de boas práticas que perpassam por todo processo produtivo, como possível observar na literatura científica elencada desta tese, em que, geralmente se dividem em práticas agrícolas e industriais. Até o momento de pesquisa bibliográfica e entrevista com especialistas as variáveis eram caracterizadas nestas duas dimensões somente.

No entanto ao consolidar os resultados na Figura 17 foi possível identificar duas contribuições incrementais: a primeira delas é que há boas práticas gerenciais, além das agrícolas e industriais comumente apresentadas nos trabalhos anteriores; e a segunda refere-se a intersecção que há entre as Boas Práticas, com um cruzamento a cada combinação de dimensões (BP 6, BP 4 e BP 10) e quando se combinam as três dimensões simultaneamente no eixo central há três Boas Práticas (BP 9, BP 12 e BP 14), demonstrando a transversalidade que os colaboradores devem estar atentos quando estiverem responsáveis por alguma dessas funções.

Elas oferecem diretrizes para orientação dos colaboradores de todo o setor, visto que deve haver colaboração mútua entre as três áreas, já que todas têm o objetivo de melhorar o desempenho dos produtos finais, no caso são etanol, açúcar e energia.

A busca pela eficiência implica na utilização de menor quantidade de entradas para uma maior produção final. Assim essas ações podem ser sintetizadas em utilização de menos recursos (área, água, defensivos), melhores tratamentos culturais, em alguns casos menor esforço calorífico e menor impacto para o meio ambiente por meio da redução da emissão de CO₂, visto

que está relacionado a produção de um biocombustível (etanol) e diminuição de consumo de combustível fóssil (queima do bagaço).

Por meio da técnica DEA dois estágios, fez-se a seleção dos principais indicadores para mensuração e controle do processo produtivo sucroenergético, e também a seleção de usinas para visita técnica. Os resultados alcançados foram de grande significância por abordar de maneira estatística uma amostra de 29 usinas com 10 safras.

No entanto as dimensões apresentadas nas variáveis resultantes da regressão linear múltipla estão limitadas às informações disponíveis no banco de dados. A possibilidade de complementar a análise DEA dois estágios, que é apoiada essencialmente em análises quantitativas, instigou o aprofundamento dessa tese para dois procedimentos metodológicos adicionais: entrevistas com especialistas e estudos de múltiplos casos.

Assim, foram consultados especialistas do setor, que além de concordarem com as variáveis obtidas, acrescentaram indicadores que podem ser observados no processo produtivo de açúcar e etanol, possibilitando a confecção de um roteiro de entrevista semiestruturado para aplicar nas usinas previamente selecionadas.

Esses novos indicadores foram aprofundados por meio de revisão literária, apresentando uma visão geral sobre os fundamentos. E em seguida, o documento apresentou o comportamento das usinas entrevistadas para cada variável obtida, possibilitando comparações entre as mesmas, e posteriormente, com a discussão dessas diversas ações em cada usina, resultando em 15 boas práticas que podem ser aplicadas no setor sucroenergético, respeitando as características intrínsecas e individuais.

As variáveis resultantes adicionais à pesquisa quantitativa foram boas práticas relacionadas com: manejo de solo, cultivares, práticas agrícolas, operações de colheita e extração do caldo. Essas variáveis foram aprofundadas no referencial teórico conforme apresentado no subitem 2.5 Processo agroindustrial: variáveis relacionadas à eficiência.

Essas variáveis adicionais são destacadas sob forma de corroborar que, a influência do campo, obtida por meio da mensuração da eficiência do processo agrícola e industrial, foi o que possibilitou a geração das boas práticas, e a comparação das usinas avaliadas com as usinas do quintil superior, sendo um parâmetro para orientação nas tomadas de decisão.

Assim, a contribuição deste trabalho é fornecer uma ferramenta oportuna, liderada por uma acadêmica, baseada nas variáveis mais relevantes do setor sucroenergético, derivando em boas práticas para melhorar o desempenho de usinas sucroenergéticas.

Essas boas práticas oferecem um rigor para as tomadas de decisões dentro de uma usina sucroenergética, destacando-se o papel da área agrícola, visto que a produção de açúcar e etanol é fortemente amparada pela boa conduta - controle de qualidade da matéria-prima.

Por meio de um exame baseado no quadro de boas práticas, verificou-se que as usinas eficientes não eram excelentes em todas as variáveis. Eles estavam abaixo do quintil superior em algumas variáveis. Isso indica que mesmo usinas eficientes podem se beneficiar desses indicadores-alvo para dar certas medidas intermediárias que, conseqüentemente, melhorariam seus resultados de produção e eficiência geral.

Os resultados do estudo multicaso apresentam limitações na realização de generalizações, pois representam achados de 29 usinas brasileiras durante um determinado período (2006-2016). Embora essas usinas tenham sido eficientes em termos de sua classificação geral sobre o modelo de eficiência, demonstraram desempenho inferior em alguns indicadores específicos.

Para atender parte dessa limitação, as usinas foram questionadas apenas sobre as melhores práticas relacionadas aos indicadores em que ultrapassaram os valores de referência. Outra limitação diz respeito às variáveis identificadas na análise de regressão, derivadas das características da amostra das safras de 2006 a 2016 nas usinas brasileiras.

Os indicadores fornecidos pelos especialistas e identificados na literatura podem mostrar associações industriais e destacar aquelas que devem ser monitoradas e quantificadas. Portanto, se uma base de dados que inclua essas variáveis for gerada, elas podem ser avaliadas em estudos quantitativos.

Ainda também como estudos futuros, pode-se sugerir a análise de viabilidade das implantações dessas boas práticas encontradas, assim como averiguar a existência de boas práticas em outros países produtores de cana-de-açúcar, como fez Carlucci et al. (2021), justamente para entender a relevância das mesmas, e ainda o quanto boas práticas advindas de outros países podem contribuir para a produção brasileira sucroenergética.

Dito isso, este estudo é uma contribuição relevante para a implementação de diretrizes que podem aumentar a eficiência dos processos de produção de açúcar e etanol. As boas práticas nos processos produtivos devem ser implementadas continuamente no setor sucroenergético, buscando aumentar sua competitividade e permitir a integração da produção de acordo com demandas futuras, considerando que as unidades produtivas sucroenergéticas são fontes de energia limpa e sustentável.

REFERÊNCIAS

- AGUIAR, A. T. E. *et al.* **Boletim 200**: instruções agrícolas para as principais culturas econômicas. 7. ed. Campinas: Instituto Agrônomo, 2014. 452 p.
- ALBARELLI, J. Q. **Produção de açúcar e etanol de primeira e segunda geração**: simulação, integração energética e análise econômica. 2013. 244 f. Tese (Doutorado em Engenharia Química) – Universidade Estadual de Campinas, Campinas, 2013.
- ALLEN, R.; THANASSOULIS, E. Improving envelopment in data envelopment analysis. **European Journal of Operational Research**, Amsterdam, v. 154, n. 2, p. 363-379, 2004. Disponível em: [https://doi.org/10.1016/S0377-2217\(03\)00175-9](https://doi.org/10.1016/S0377-2217(03)00175-9). Acesso em: 12 dez. 2020.
- ALTMAN, D. G.; BLAND, J. M. Quartiles, quintiles, centiles, and other quantiles. **BMJ**, Londres, v. 309, p. 996, 1994. Disponível em: <https://doi.org/10.1136/bmj.309.6960.996>. Acesso em: 14 dez. 2020.
- AMORIM, F. R. **A competitividade dos sistemas de preparo do solo e plantio de cana-de-açúcar**: uma análise dos sistemas utilizados por fornecedores e usinas no estado de São Paulo. 2019. 164 f. Tese (Doutorado em Engenharia Agrícola) – Faculdade de Engenharia Agrícola, Universidade Estadual de Campinas, Campinas, 2019. Disponível em: <http://repositorio.unicamp.br/jspui/handle/REPOSIP/335432>. Acesso em: 30 nov. 2020.
- ANGULO-MEZA, L.; MELLO, J. C. C. B. S.; GOMES, E. G.; FERNANDES, A. J. S. Seleção de variáveis em DEA aplicada a uma análise do mercado de energia elétrica. **Investigação Operacional**, Lisboa, v. 27, n.1, p. 21-36, 2007.
- AWE, G. O.; REICHERT, J. M.; FONTANELA, E. Sugarcane production in the subtropics: seasonal changes in soil properties and crop yield in no-tillage, inverting and minimum tillage. **Soil & Tillage Research**, Amsterdam, v. 196, p. 104447, 2020. Disponível em: <https://doi.org/10.1016/j.still.2019.104447>. Acesso em: 12 dez. 2020.
- BABBIE, E. R. **The basic of social research**. Belmont: Wadsworth, 2008. 576 p.
- BACCARIN, J. G.; GEBARA, J. J.; BORGES JÚNIOR, J. C. Expansão canavieira e ocupação formal em empresas sucroalcooleiras do centro-sul do Brasil, entre 2007 e 2009. **Revista de Economia e Sociologia Rural**, Piracicaba, v. 49, n. 2, p. 493-506, 2011. Disponível em: <http://dx.doi.org/10.1590/S0103-20032011000200010>. Acesso em: 17 dez. 2020.
- BAKIR, H.; ZHANG, Z.; ZBIK, M. S.; HARRISON, M. D.; DOHERTY, W. O. S. Understanding flocculation properties of soil impurities present in the factory sugarcane supply. **Journal of Food Engineering**, Amsterdam, v. 189, p. 55-63, 2016. Disponível em: <http://dx.doi.org/10.1016/j.jfoodeng.2016.05.025>. Acesso em: 19 dez. 2020.
- BANKER, R. D.; CHARNES, A.; COOPER, W. W. Some models for estimating technical and scale inefficiencies in data envelopment analysis. **Management Science**, Cattonsville, v.

30, n. 9, p. 1078-1092, 1984. Disponível em: <https://doi.org/10.1287/mnsc.30.9.1078>. Acesso em: 12 dez. 2020.

BARBOSA, L. C.; MAGALHÃES, P. S. G.; BORDONAL, R. O.; CHERUBIN, M. R.; CASTIONI, G. A. F.; TENELLI, S.; FRANCO, H. C. J.; CARVALHO, J. L. N. Soil physical quality associated with tillage practices during sugarcane planting in south-central Brazil. **Soil & Tillage Research**, Amsterdam, v. 195, p. 104383, 2019. Disponível em: <https://doi.org/10.1016/j.still.2019.104383>. Acesso em: 12 dez. 2020.

BASNAYAKE, J.; JACKSON, P. A. N.; MAN-BAMBER, G.; INLAKSHMANAN, P. Sugarcane for water-limited environments. Variation in stomatal conductance and its genetic correlation with crop productivity. **Journal of Experimental Botany**, Lancaster, v. 66, p. 3945–3958, 2015. Disponível em: <https://doi.org/10.1093/jxb/erv194>. Acesso em: 12 nov. 2020.

BASTOS, V. D. Etanol, álcoolquímica e biorrefinarias. **BNDES Setorial**, Rio de Janeiro, v. 25, p. 5-38, 2007.

BANCO CENTRAL DO BRASIL. **Cotações e boletins**. Disponível em: <https://www4.bcb.gov.br/pec/taxas/port/ptaxnpesq.asp?frame=1>. [2020]. Acesso em: 6 jun. 2020.

BERNIER, J.; FENG, Y.; ASAKAWA, K. Strategies for handling normality assumptions in multi-level modeling: a case study estimating trajectories of health utilities index mark 3 scores. **Health Report**, Ottawa, v. 22, p. 45-51, 2011.

BLANCO-CANQUI, H.; RUIS, S. J. No-tillage and soil physical environment. **Geoderma**, Amsterdam, v. 326, p. 164-200, 2018. Disponível em: <https://doi.org/10.1016/j.geoderma.2018.03.011>. Acesso em: 12 nov. 2020..

BORODIN, V.; BOURTEMBOURG, J.; HNAIEN, F.; LABADIE, N. Handling uncertainty in agricultural supply chain management: a state of the art. **European Journal of Operational Research**, Amsterdam, v. 254, p. 348-359, 2016. Disponível em: <https://doi.org/10.1016/j.ejor.2016.03.057>. Acesso em: 12 dez. 2020.

BRASIL. Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. **Balanço nacional da cana-de-açúcar e agroenergia**. Brasília, DF: Ministério da Agricultura, 2007. 140 p.

BRUNETTA, M. R. **Avaliação da eficiência técnica e de produtividade usando análise por envoltória de dados**: um estudo de caso aplicado a produtores de leite. 2004. 113 f. Dissertação (Mestrado em Ciências) – Universidade Federal do Paraná, Curitiba, 2004.

BRSCAN, I. M. **Animação mostra, passo a passo, como realizar um terraceamento com curva de nível**. Brasília, DF: Embrapa, 2016. Disponível em: <https://www.embrapa.br/busca-de-noticias/-/noticia/11733925/animacao-mostra-passo-a-passo-como-realizar-um-terraceamento-com-curva-de-nivel>. Acesso em: 29 nov. 2020.

CACERES, J. F. **Efficiency and productivity in the chilean banking industry**. 2004. Disponível em:

<http://citeseerx.ist.psu.edu/viewdoc/download?doi=10.1.1.565.8826&rep=rep1&type=pdf>. Acesso em: 20 jul. 2016.

CÂMARA, G. M. S. **Produção de cana-de-açúcar**. Piracicaba: ESALQ, 1993.

CAMIOTO, F. C.; MORALLES, H. F.; MACHADO, R. O impacto da crise de crédito de 2008 no setor sucroenergético: um estudo econométrico. **Revista de Gestão da Produção, Operações e Sistemas**, Bauru, v. 12, n. 4, p. 159-182, 2017. Disponível em: <https://doi.org/10.15675/gepros.v12i4.1776>. Acesso em: 11 dez. 2020.

CAMPAZ, T. A.; REBEHY, P. C. P. W.; CONSOLI, M. A.; CAMPELLO, C. A. G. B. Growth strategies in the sugarcane sector: a relationship between macro-environmental variables and movements of strategic growth. **Journal of Management Research**, Nevada, v. 10, p. 1-25, 2018. Disponível em: <https://doi.org/10.5296/jmr.v10i1.11728>. Acesso em: 21 nov. 2020.

CARDOSO, L. C. B.; BITTENCOURT, M. V. L. Mensuração das elasticidades-preço da demanda, cruzada e renda no mercado de etanol brasileiro: um estudo usando painéis cointegrados. **Revista de Economia e Sociologia Rural**, Brasília, DF, v. 51, p. 765-784, 2014. Disponível em: <http://dx.doi.org/10.1590/S0103-20032013000400008>. Acesso em: 12 dez. 2020.

CARDOZO, N. P.; BORDONAL, R. O.; PANOSSO, A. R.; CRUSCIOL, C. A. C. A multivariate approach to determine the economic profitability of sugarcane production under diverse climatic conditions in Brazil. **Sugar Tech**, New Delhi, v. 1, p. 1-13, 2020. Disponível em: <https://doi.org/10.1007/s12355-020-00854-7>. Acesso em: 25 nov. 2020.

CARLUCCI, F. V. **Aplicação da Análise Envoltória de Dados (DEA) para avaliação do impacto das variáveis tamanho e localização e eficiência operacional de usinas de cana-de-açúcar na produção de açúcar e etanol no Brasil**. 2012. 103 f. Dissertação (Mestrado em Ciências) – Faculdade de Administração, Economia e Contabilidade de Ribeirão Preto, Universidade de São Paulo, Ribeirão Preto, 2012.

CARLUCCI, F. V.; SALGADO JUNIOR, A. P.; LEMOS, S. V.; SOUZA JUNIOR, M.; ANTUNES, F.; DUARTE, A. Proposed best operating practices to improve technical efficiency in Brazilian sugar and ethanol plants. **International Sugar Journal**, London, v. 121, p. 42-49, 2019.

CARLUCCI, F. V.; LEMOS, S. V.; SALGADO JUNIOR, A. P.; REBEHY, P. C. P. W. Environmental, field and impurity factors to increase the agricultural performance of Brazilian and Australian sugarcane mills. **Clean Technologies and Environmental Policy**, Berlin, v. 23, p. 1-18, 2021. Disponível em: <https://doi.org/10.1007/s10098-021-02105-z>. Acesso em: 15 dez. 2020.

CARVALHO, L.; ANTUNES, C. H.; FREIRE, F. Economic-energy-environment analysis of prospective sugarcane bioethanol production in Brazil. **Applied Energy**, Amsterdam, v. 181, p. 514-526, 2016. Disponível em: <https://doi.org/10.1016/j.apenergy.2016.07.122>. Acesso em: 12 out. 2020.

CARVALHO, G. G.; MONTEIRO, R. A. B. A influência do teor de acidez e da contaminação bacteriana do mosto no rendimento fermentativo industrial para produção de etanol. **Fazu**, Uberlândia, v. 8, p. 47–54, 2011.

CASTIONI, G. A. F.; CHERUBIN, M. R.; BORDONAL, R. D.; BARBOSA, L. C.; MENANDRO, L. M. S.; CARVALHO, J. L. N. Straw removal affects soil physical quality and sugarcane yield in Brazil. **Bioenergy Research**, London, v. 12, p. 789-800, 2019. Disponível em: <https://doi.org/10.1007/s12155-019-10000-1>. Acesso em: 12 dez. 2020.

CASTRO, S. S.; ABDALA, K.; SILVA, A. A.; BÔRGES, V. M. S. A expansão da cana-de-açúcar no cerrado e no estado de Goiás: elementos para uma análise espacial do processo. **Boletim Goiano de Geografia**, Goiânia, v. 30, n. 1, p. 171-191, 2010. Disponível em: <https://doi.org/10.5216/bgg.V30i1.11203>. Acesso em: 12 set. 2020.

CASTRO, S. G. Q.; DINARDO-MIRANDA, L. L.; FRACASSO, J. V.; BORDONAL, R. O.; MENANDRO, L. M. S.; FRANCO, H. C. J.; CARVALHO, J. L. N. Changes in soil pest populations caused by sugarcane straw removal in Brazil. **Bioenergy Research**, London, v. 12, p. 878-887, 2019. Disponível em: <https://doi.org/10.1007/s12155-019-10019-4>. Acesso em: 02 dez. 2020.

CAUCHICK, P. A. (org.). **Metodologia de pesquisa em engenharia de produção e gestão de operações**. Rio de Janeiro: Elsevier, 2012. 280 p.

CEPEA. **Etanol**. Piracicaba: CEPEA: ESALQ, [2018]. Disponível em: <https://www.cepea.esalq.usp.br/br/indicador/etanol.aspx>. Acesso em: 8 jun. 2018.

CEPEA. **Indicador do açúcar cristal**. Piracicaba: CEPEA: ESALQ, [2020a]. Disponível em: <https://www.cepea.esalq.usp.br/br/indicador/acucar.aspx>. Acesso em: 27 maio 2020.

CEPEA. **Indicador semanal do etanol**. Piracicaba: CEPEA/ESALQ, [2020b]. Disponível em: <https://www.cepea.esalq.usp.br/br/indicador/etanol.aspx>. Acesso em: 5 jun. 2020.

CHANDEL, A. K.; GARLAPATI, V. K.; SINGH, A. K.; ANTUNES, F. A. F.; SILVA, S. S. The path forward for lignocellulose biorefineries: bottlenecks, solutions, and perspective on commercialization. **Bioresource Technology**, Amsterdam, v. 264, p. 370-381, 2018.

CHANDEL, A. K.; ALBARELLI, J. Q.; SANTOS, D. T.; CHUNDAWAT, S. P. S.; PURI, M.; MEIRELES, M. A. A. Comparative analysis of key technologies for cellulosic ethanol production from brazilian sugarcane bagasse at a commercial scale. **Biofuels, Bioproducts & Biorefining**, Bound Brook, v. 13, n. 4, p. 994-1014, 2019. Disponível em: <https://doi.org/10.1002/bbb.1990>. Acesso em: 5 out. 2020.

CHARNES, A.; COOPER, W. W.; RHODES, E. Measuring the efficiency of decision-making units. **European Journal of Operational Research**, Amsterdam, v. 2, n. 3, p. 429-444, 1978. Disponível em: [https://doi.org/10.1016/0377-2217\(78\)90138-8](https://doi.org/10.1016/0377-2217(78)90138-8). Acesso em: 5 jun. 2020.

CHERUBIN, M. R.; KARLEN, D. L.; FRANCO, A. L. C.; TORMENA, C. A.; CERRI, C. E. P.; DAVIES, C. A.; CERRI, C. C. Soil physical quality response to sugarcane expansion in

Brazil. **Geoderma**, Amsterdam, v. 267, p. 156-168, 2016. Disponível em: <https://doi.org/10.1016/j.geoderma.2016.01.004>. Acesso em: 5 nov. 2020.

CHERUBIN, R. Estequiometria da fermentação: o rendimento possível. **Portal FT**, Piracicaba, fev. 2018.

CHU, J.; WU, J.; CHU, C.; ZHANG, T. DEA-based fixed cost allocation in two-stage systems: leader-follower and satisfaction degree bargaining game approaches. **Omega**, London, v. 94, p. 102054, 2019. Disponível em: <https://doi.org/10.1016/j.omega.2019.03.012>. Acesso em: 15 jun. 2020.

CLAUDINO, E. S.; REIS, J. G. M.; COSTA NETO, P. L. O.; LOPES, A. C. V.; SILVA, A. Q. Does the VHP sugar price influence in the ethanol volume production? *In*: IFIP INTERNATIONAL CONFERENCE ON ADVANCES IN PRODUCTION MANAGEMENT SYSTEMS (APMS). 2016, Foz do Iguaçu. **Anais [...]**. Foz do Iguaçu: Advances in Production Management Systems, 2016, p. 579-586.

CNA; CEPEA. **PIB cadeias do agronegócio**. 2017. Disponível em: https://www.cepea.esalq.usp.br/upload/kceditor/files/Relatorio%20PIBAGRO%20Cadeias_1_sem_2017_.pdf. Acesso em: 30 maio 2018.

CNA; CEPEA. **PIB do agro negócio se mantém estável no início de 2018**: comunicado técnico: PIB do agronegócio. 2018. Disponível em: <http://www.cnabrazil.org.br/artigos-tecnicos/pib-do-agronegocio-se-mantem-estavel-no-inicio-de-2018>. Acesso em: 30 maio 2018.

CNA; SENAR. Impactos do coronavírus no setor sucroenergético brasileiro. **Campo Futuro**, jun. 2020. Disponível em: https://www.cnabrazil.org.br/assets/arquivos/boletins/ativos_cana_campo_futuro_junho-1.pdf. Acesso em: 30 jun. 2020.

CONAB. Safra 2020/21: terceiro levantamento. **Acompanhamento da Safra Brasileira. Cana-de-Açúcar**, Brasília, DF, v. 7, n. 3, p. 1-62, 2020. Disponível em: <https://www.conab.gov.br/info-agro/safras/cana/boletim-da-safra-de-cana-de-acucar>. Acesso em: 3 mai. 2020.

CONSECANA. **Manual de instruções**. São Paulo: CONSECANA, 2006. 112 p. Disponível em: http://www.oricana.com.br/novosite/manual_consecana.pdf. Acesso em: 9 jan. 2018.

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 Science, 2007. 492 p.

COOPER, W. W.; SEIFORD, L. M.; ZHU, J. **Handbook on data envelopment analysis**. Norwell: KAP, 2011. 592 p.

COSTA, G. G. O. **Um procedimento inferencial para análise fatorial utilizando as técnicas bootstrap e jackknife**: construção de intervalos de confiança e testes de hipóteses. 2006. 196 f. Tese (Doutorado) – Pontifícia Universidade Católica, Rio de Janeiro, 2006.

COSTA, G. G. O. Estimativa *bootstrap* para enviezamento, erro padrão e intervalo de confiança do coeficiente de elasticidade da curva de Pareto. **GEPROS – Gestão da Produção, Operações e Sistemas**, Bauru, v. 6, n. 1, p. 67-82, 2010.

COSTA, G. G. O. **Curso de estatística inferencial e probabilidades**: teoria e prática. São Paulo: Atlas, 2011.

CRISTOFOLETTI, P. T.; KEMPER, E. L.; CAPELLA, A. N.; CARMAGO, S. R.; CAZOTO, J. L.; FERRARI, F.; SANTOS, N. Z. Development of transgenic sugarcane resistant to sugarcane borer. **Tropical Plant Biology**, New York, v. 11, p. 17-30, 2018. Disponível em: <https://doi.org/10.1007/s12042-018-9198-y>. Acesso em: 5 jun. 2020.

CUNHA, L. R. R.; CASTRO, R. B. R.; FERREIRA, O. E.; ROCHA, E. M. F. Feasibility monitoring and bacterial contamination of an industrial yeast. **Brazilian Journal of Development**, São José dos Pinhais, v. 5, n. 12, p. 28582-28593, 2019. Disponível em: <https://doi.org/10.34117/bjdv5n12-037>. Acesso em: 25 jun. 2020.

DALCHIAVON, F. C.; CARVALHO, M. P.; MONTANARI, R.; ANDREOTTI, M.; PANOSSO, A. R. Produtividade da cana-de-açúcar: variabilidade linear e especial entre componentes tecnológicos e da produção. **Bioscience Journal**, Uberlândia, v. 30, p. 390-400, 2014. Supl. 1.

DAQUILA, B. V.; SCUDELER, E. L.; DOSSI, F. C. A.; MOREIRA, D. R.; PAMPHILE, J. A.; CONTE, H. Action of *Bacillus thuringiensis* (Bacillales: Bacillaceae) in the midgut of the sugarcane borer *Diatraea saccharalis* (Fabricius, 1794) (Lepidoptera: Crambidae). **Ecotoxicology and Environmental Safety**, Amsterdam, v. 184, p. 109642, 2019. Disponível em: <https://doi.org/10.1016/j.ecoenv.2019.109642>. Acesso em: 20 set. 2020.

DEBREU, G. The coefficient of resource utilization. **Econometrica**, Chicago, v. 19, n. 3, p. 273-292, 1951.

DE CLERCQ, D.; WEN, Z.; CAICEDO, L.; CAO, X.; FAN, F.; XU, R. Application of DEA and statistical inference to model the determinants of biomethane production efficiency: a case study in south China. **Applied Energy**, Amsterdam, v. 205, p. 1231–1243, 2017. Disponível em: <https://doi.org/10.1016/j.apenergy.2017.08.111>. Acesso em: 05 mai. 2020.

DEWEY, D. R.; LU, K. H. A correlation path coefficient analysis of components of crested wheatgrass seed production. **Agronomy Journal**, Madison, v. 51, n. 2, p. 515-518, 1959. Disponível em: <https://doi.org/10.2134/agronj1959.00021962005100090002x>. Acesso em: 5 jun. 2020.

DIAS, H. B.; SENTELHAS, P. C. Sugarcane yield gap analysis in Brazil – a multi-model approach for determining magnitudes and causes. **Science of the Total Environment**, Amsterdam, v. 637–638, p. 1127–1136, 2018. Disponível em: <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2018.05.017>. Acesso em: 17 jun. 2020.

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. Disponível em: <https://doi.org/10.1016/j.biortech.2011.06.098>. Acesso em: 17 out. 2020.

DIAS, M. O. S.; MACIEL FILHO, R.; MANTELATTO, P. E.; CAVALETT, O.; ROSSELL, C. E. V.; BONOMI, A.; LEAL, M. R. L. V. Sugarcane processing for ethanol and sugar in Brazil. **Environmental Development**, Amsterdam, v. 15, p. 35-51, 2015. Disponível em: <https://doi.org/10.1016/j.envdev.2015.03.004>. Acesso em: 17 jun. 2020.

DINARDO-MIRANDA, L. L.; FRACASSO, J. V. Sugarcane straw and the populations of pests and nematodes. **Scientia Agricola**, Piracicaba, v. 70, n. 5, p. 305-310, 2013. Disponível em: <http://dx.doi.org/10.1590/S0103-90162013000500012>. Acesso em: 17 nov. 2020.

DONKE, A. C. G. **Avaliação de desempenho ambiental e energético da produção de etanol de cana, milho e sorgo em uma unidade integrada, segundo a abordagem do ciclo de vida**. 2016. 243 f. Dissertação (Mestrado em Ciências) – Instituto de Energia e Ambiente, Universidade de São Paulo, Piracicaba, 2016.

DUARTE, A. C. M. **Proposta de boas práticas de operação que colaborem para a eficiência técnica das usinas de açúcar e etanol**. 2017. 116 f. Tese (Doutorado em Ciências) – Faculdade de Administração, Economia e Contabilidade de Ribeirão Preto, Universidade de São Paulo, Ribeirão Preto, 2017.

DUARTE, A.; LEMOS, S. V.; SALGADO JUNIOR, A.; SOUZA JUNIOR, M. A.; DONEGÁ, R. Proposal of stages by controlling the efficiency analysis in sugar and ethanol mills. **Food Science and Technology**, Campinas, v. 38, n. 1, p. 22-30, 2018. Disponível em: <https://doi.org/10.1590/fst.11617>. Acesso em: 17 jun. 2020.

DUARTE, A.; SALGADO JUNIOR, A. P.; LEMOS, S. V.; SOUZA JUNIOR, M. A.; ANTUNES, F. A. Proposal of operating best practices that contribute to the technical efficiency in Brazilian sugar and ethanol mills. **Cleaner Production**, Amsterdam, v. 214, p. 173-184, 2019. Disponível em: <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2018.12.204>. Acesso em: 27 jun. 2020.

DUMONT, T.; THONG-CHANE, A.; BARAU, L.; SIEGMUND, B.; HOARAU, J. Y. Genetic variabilities and genetic gains for yield components in regional sugarcane breeding programmes on Réunion Island. **Sugar Tech**, New Delhi, v. 21, p. 868-878, 2019. Disponível em: <https://doi.org/10.1007/s12355-019-00718-9>. Acesso em: 17 out. 2020.

DUTENKEFER, R. M.; RIBEIRO, C. O.; MUTRAN, V. M.; REGO, E. E. The insertion of biogas in the sugarcane mill product portfolio: a study using the robust optimization approach. **Renewable and Sustainable Energy Reviews**, Amsterdam, v. 91, p. 729-740, 2018. Disponível em: <https://doi.org/10.1016/j.rser.2018.04.046>. Acesso em: 17 jun. 2020.

EFRON, B. Better bootstrap confidence intervals. **Journal of the American Statistical Association**, Washington, DC, v. 82, n. 397, p. 171-185, 1987. Disponível em: <https://doi.org/10.2307/2289144>. Acesso em: 15 nov. 2020.

EFRON, B. Bootstrap confidence intervals: good or bad? **Psychological Bulletin**, Washington, DC, v. 104, n. 2, p. 293-296, 1988.

EFRON, B. Bootstrapping methods: another look at the jackknife. **Annals of Statistics**, Philadelphia, v. 7, n. 1, p. 243-267, 1979. Disponível em: <http://dx.doi.org/10.1214/aos/1176344552>. Acesso em: 17 jun. 2020.

EPE. **Balanco Energético Nacional 2020**: relatório síntese: ano base 2019. Rio de Janeiro: EPE, 2020. 73 p. Disponível em: https://www.epe.gov.br/sites-pt/publicacoes-dados-abertos/publicacoes/PublicacoesArquivos/publicacao-479/topico-521/Relato%CC%81rio%20Si%CC%81ntese%20BEN%202020-ab%202019_Final.pdf. Acesso em: 17 nov. 2020.

FALSARELLA JUNIOR, E. **Análise das técnicas de fronteira na mensuração da eficiência em bancos**: uma meta-análise. 2014. 104 f. Dissertação (Mestrado em Ciências) – Faculdade de Administração, Economia e Contabilidade de Ribeirão Preto, Universidade de São Paulo, Ribeirão Preto, 2014.

FANG, L. Stage efficiency evaluation in a two-stage network data envelopment analysis model with weight priority. **Omega**, London, v. 97, p. 102081, 2020. Disponível em: <https://doi.org/10.1016/j.omega.2019.06.007>. Acesso em: 17 jun. 2020.

FOOD AND AGRICULTURE ORGANIZATION. Statistics Division. **Crops – sugarcane 1994-2016**. 2016. Disponível em: <http://www.fao.org/faostat/en/#data/QC/visualize>. Acesso em: 3 jan. 2018.

FARIAS, A. M. L. **Inferência estatística**. Rio de Janeiro: Instituto de Matemática: Universidade Federal Fluminense, 2008, 184 p.

FARRELL, M. J. The measurement of productive efficiency. **Journal of the Royal Statistical Society**, Malden, v. 120, n. 3, p. 253-290, 1957. Disponível em: <http://dx.doi.org/10.2307/2343100>. Acesso em: 17 mai. 2020.

FERNANDES, A. C. **Cálculos na agroindústria da cana-de-açúcar**. Piracicaba: Sociedade dos Técnicos Açucareiros do Brasil, 2011. 416 p.

FERREIRA, C. M. C.; GOMES, A. P. **Introdução à análise envoltória de dados**: teoria, modelos e aplicações. Viçosa: UFV, 2009. 389 p.

FERREIRA JÚNIOR, R. A.; SOUZA, J. L.; ESCOBEDO, J. F.; TEODORO, I.; LYRA, G. B.; ARAÚJO NETO, R. A. Cana-de-açúcar com irrigação por gotejamento em dois espaçamentos entrelinhas de plantio. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v. 18, n. 8, p. 798- 804, 2014. Disponível em: <https://doi.org/10.1590/1807-1929/agriambi.v18n08p798-804>. Acesso em: 20 nov. 2020.

FERREIRA, T. H. S.; TSUNADA, M. S.; BASSI, D.; ARAÚJO, P.; MATTIELLO, L.; GUIDELLI, G. V.; RIGHETTO, G. L.; GONÇALVES, V. R.; LAKSHMANAN, P.; MENOSSI, M. Sugarcane water stress tolerance mechanisms and its implications on developing biotechnology solutions. **Frontiers in Plant Science**, Lausanne, v. 8, p. 1077, 2017. Disponível em: <https://doi.org/10.3389/fpls.2017.01077>. Acesso em: 17 mai. 2020.

FILOSO, S.; DO 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 Sustainable Energy Review**, Amsterdam, v. 52, p. 1847-1856, 2015. Disponível em: <https://doi.org/10.1016/j.rser.2015.08.012>. Acesso em: 19 mai. 2020.

FREITAS, W. R. S.; JABBOUR, C. J. C. Utilizando estudo de caso(s) como estratégia de pesquisa qualitativa: boas práticas e sugestões. **Estudo & Debate**, Lajeado, v. 18, n. 2, p. 7-22, 2011.

FURTADO, C. **Formação econômica do Brasil**. 4. ed. São Paulo: Fundo de Cultura, 1961.

GAMEIRO JÚNIOR, A. F.; BERNARDINO, C. D.; AMORIM, H. V. Extrator (digestor) quente/ frio, a melhor alternativa para determinação de eficiência industrial. **STAB**, Piracicaba, v. 34, n. 6, p. 38-40, 2015.

GERALDO, V. C. **Modeling, simulation and optimization of the sugarcane juice extraction by diffusion/lixiviation processes**. 2019. 224 f. Tese (Doutorado em Ciências) – Faculdade de Engenharia de Alimentos, Universidade Estadual de Campinas, Campinas, 2019.

GEWEKE, J. Using simulation methods for Bayesian econometric models: inference, development and communication. **Econometric Reviews**, Minneapolis, v. 18, n. 1, p. 1-126, 1999. Disponível em: <https://doi.org/10.1080/07474939908800428>. Acesso em: 20 nov. 2020.

GIMENEZ, A. R.; ALTOPIEDI, L. G.; CARBALLO, N. V.; SILVA, L. C. M.; LIRIA, C. W. O aumento da produtividade e a busca pela excelência na produção do etanol brasileiro: uma história de sucesso. **Research, Society and Development**, Itabira, v. 7, n. 2, p. 1-19, 2018.

GIOMETTI, C. F. H.; TEIXEIRA, L. A.; SATTOLO, B. Fatores de maior impacto no RTC. **Portal Ft**, Piracicaba, 2017. Disponível em: <http://www.portalft.com.br/2016/Setembro/1172/fatoresdemaiorimpactonortcparteperdasindustriais>. Acesso em: 19 mai. 2020.

GONG, Y.; LIU, J.; ZHU, J. When to increase firms' sustainable operations for efficiency? A data envelopment analysis in the retailing industry. **European Journal of Operational Research**, v. 277, n. 3, p. 1010–1026, 2019. Disponível em: <https://doi.org/10.1016/j.ejor.2019.03.019>. Acesso em: 19 dez. 2020.

GONZÁLEZ-ARAYA, M. C. **Projeções não radiais em regiões fortemente eficientes da fronteira DEA - algoritmos e aplicações**. 2003. 279 f. Tese (Doutorado em Engenharia de Produção) – Universidade Federal do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro, 2003.

GOTO, M.; TSUTSUI, T. Comparison of productive and cost efficiencies among Japanese and US electric utilities. **Omega**, London, v. 26, p. 177-194, 1998. Disponível em: [https://doi.org/10.1016/S0305-0483\(97\)00073-X](https://doi.org/10.1016/S0305-0483(97)00073-X). Acesso em: 19 mai. 2020.

GRAHAN, J. W. Missing Data Analysis: making it work in the real world. **Annual Review of Psychology**, Princeton, v. 60, p. 549-576, 2009. Disponível em: <https://doi.org/10.1146/annurev.psych.58.110405.085530>. Acesso em: 09 abr. 2020.

GRISOTTO, D. C. **Evolução da estrutura do solo em cana-de-açúcar sob sistema de preparo por canteirização**. 2018. 92 f. Dissertação (Mestrado em Ciências) – Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz”, Universidade de São Paulo, Piracicaba, 2018.

GUIMARÃES JÚNNYOR, W. S.; DISERENS, E.; MARIA, I. C.; ARAUJO JUNIOR, C. F.; FARHATE, C. V. V.; SOUZA, Z. M. Prediction of soil stresses and compaction due to agricultural machines in sugarcane cultivation systems with and without crop rotation. **Science of the Total Environment**, Amsterdam, v. 681, p. 424-434, 2019. Disponível em: <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2019.05.009>. Acesso em: 19 mai. 2020.

GUMMESSON, E. Case study research and network theory: birds of a feather. **Qualitative Research in Organizations and Management**, Bingley, v. 2, n. 3, p. 226-248, 2007. Disponível em: <https://doi.org/10.1108/17465640710835373>. Acesso em: 29 mai. 2020.

HAIR, J. F.; ANDERSON, R. E.; TATHAM, R. L.; BLACK, W. C. **Análise multivariada de dados**. Porto Alegre: Bookman, 2009. 688 p.

HASTINGS, W. K. Monte Carlo sampling methods using Markov Chains and their applications. **Biometrika**, Oxford, v. 57, n. 1, p. 97-109, 1970. Disponível em: <https://doi.org/10.2307/2334940>. Acesso em: 29 mai. 2020.

HUANG, W.; ELING, M. An efficiency comparison of the non-life insurance industry in the BRIC countries. **European Journal of Operational Research**, Amsterdam, v. 226, n. 3, p. 577-591, 2013. Disponível em: <https://doi.org/10.1016/j.ejor.2012.11.008>. Acesso em: 19 abr. 2020.

IBÁÑEZ-FORÉS, V.; BOVEA, M. D.; PÉREZ-BELIS, V. A holistic review of applied methodologies for assessing and selecting the optimal technological alternative from a sustainability perspective. **Journal of Cleaner Production**, Amsterdam, v. 70, p. 259-281, 2014. Disponível em: <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2014.01.082>. Acesso em: 8 nov. 2020.

IBRAHIM, H. W.; ZAILANI, S.; TAN, K. C. A content analysis of global supply chain research. **Benchmarking: an international journal**, Bingley, v. 22, n. 7, p. 1429-1462, 2015. Disponível em: <https://doi.org/10.1108/BIJ-04-2013-0038>. Acesso em: 5 out. 2020.

ISSAKA, F.; ZHANG, Z.; ZHAO, Z.; ASENSO, E.; LI, J. H.; LI, Y. T.; WANG, J. J. Sustainable conservation tillage improves soil nutrients and reduces nitrogen and phosphorus losses in maize farmland in southern China. **Sustainability**, Basel, v. 11, p. 2397, 2019. Disponível em: <https://doi.org/10.3390/su11082397>. Acesso em: 08 mai. 2020.

JAISWAL, D.; DE SOUZA, A. P.; LARSEN, S.; LEBAUER, D. S.; MIGUEZ, F. E.; SPAROVEK, G.; BOLLERO, G.; BUCKERIDGE, M. S.; LONG, S. P. Brazilian sugarcane ethanol as an expandable green alternative to crude oil use. **Nature Climate Change**, London, v. 7, p. 788-792, 2017. Disponível em: <https://doi.org/10.1038/NCLIMATE3410>. Acesso em: 19 mai. 2020.

JAMASB, T.; POLLITT, M. Benchmarking and regulation: international electricity experience. **Utilities Policy**, Amsterdam, v. 9, n. 3, p. 107-130, 2000. Disponível em: [https://doi.org/10.1016/S0957-1787\(01\)00010-8](https://doi.org/10.1016/S0957-1787(01)00010-8). Acesso em: 29 set. 2020.

JUGWANTH, Y.; SEWSYNKER-SUKAI, E. B.; KANA, G. Valorization of sugarcane bagasse for bioethanol production through simultaneous saccharification and fermentation: optimization and kinetic studies. **Fuel**, Amsterdam, v. 262, p. 116552, 2020. Disponível em: <https://doi.org/10.1016/j.fuel.2019.116552>. Acesso em: 19 mai. 2020.

KADWA, M.; BEZUIDENHOUT, C. N. Modelling sugarcane supply consistency at a sugar mill. **Computers and Electronics in Agriculture**, New York, v. 111, p. 107-111, 2015. Disponível em: <https://doi.org/10.1016/j.compag.2014.12.019>. Acesso em: 05 dez. 2020.

KHADEMI, F.; AKBARI, M.; JAMAL, S. M.; NIKOO, M. Multiple linear regression, artificial neural network, and fuzzy logic prediction of 28 days compressive strength of concrete. **Frontiers of Structural and Civil Engineering**, Suíça, v. 11, n. 1, p. 90-99, 2017. Disponível em: <https://doi.org/10.1007/s11709-016-0363-9>. Acesso em: 14 out. 2020.

KHADEMI, F.; BEHFARNIA, K. Evaluation of concrete compressive strength using artificial neural network and multiple linear regression models. **Iran University of Science & Technology**, Elmsford, v. 6, n. 3, p. 423-432, 2016. Disponível em: <https://www.sid.ir/en/journal/ViewPaper.aspx?id=500731>. Acesso em: 15 nov. 2020.

KHAN, M. F.; ALI, Q.; TARIQ, M.; AHMED, S.; QAMAR, Z.; NASIR, I. A. Genetic modification of *Saccharum officinarum* for herbicide tolerance. **Citology and Genetics**, New York, v. 53, p. 239-249, 2019. Disponível em: <https://doi.org/10.3103/S0095452719030101>. Acesso em: 10 jan. 2021.

KHOVEYNI, M.; FUKUYAMA, H.; ESLAMI, R.; YANG, G. Variations effect of intermediate products on the second stage in two-stage processes. **Omega**, London, v. 85, p. 35-48, 2019. Disponível em: <https://doi.org/10.1016/j.omega.2018.05.010>. Acesso em: 19 mai. 2020.

KIANI MAVI, R.; SAEN, R. F.; GOH, M. Joint analysis of eco-efficiency and eco-innovation with common weights in two-stage network DEA: a big data approach. **Technological Forecasting and Social Change**, New York, v. 144, p. 553-562, 2019. Disponível em: <https://doi.org/10.1016/j.techfore.2018.01.035>. Acesso em: 30 mai. 2020.

KOHONEN, T. Self-organized formation of topologically correct feature maps. **Biological Cybernetics**, Londres, v. 43, p. 59-69, 1982. Disponível em: <https://doi.org/10.1007/BF00337288>. Acesso em: 04 fev. 2020.

KUMAR, A. **Research methodology in social science**. New Delhi: Sarup & Sons, 2002. 359 p.

LEAL, M. R. L. V. Evolução tecnológica do processamento da cana-de-açúcar para etanol e energia elétrica. In: CORTEZ, L. A. B. (coord.). **Bioetanol de cana-de-açúcar: P&D para produtividade e sustentabilidade**. São Paulo: Blucher, 2010. p. 561-575.

LEME FILHO, J. R. **Estudo comparativo dos métodos de determinação e de estimativa dos teores de fibra e de açúcares redutores em cana-de-açúcar (*Saccharum spp.*)** 2005. 151 f. Dissertação (Mestrado) – Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz”, Universidade de São Paulo, Piracicaba, 2005.

LEMOS, S. V.; SALGADO JUNIOR, A. P.; DUARTE, A. C. M., ANTUNES, F. A.; ESTEVES, R. L. Análise comparativa entre produtividade agrícola e industrial do setor sucroenergético brasileiro nos últimos 10 anos. **Custos e @gronegócio Online**, Recife, v. 12, p. 154-174, 2016.

LEMOS, S. V.; SALGADO JUNIOR, A. P.; DUARTE, A.; SOUZA JUNIOR, M. A. A.; ANTUNES, F. A. Agroindustrial best practices that contribute to technical efficiency in Brazilian sugar and ethanol production mills. **Energy**, Kindlington, v. 177, p. 397-411, 2019. Disponível em: <https://doi.org/10.1016/j.energy.2019.04.053>. Acesso em: 19 mai. 2020.

LIBONI, L. B.; CEZARINO, L. O.; CARRIJO, M. C.; TONETO JUNIOR, R. The equipment supply industry to sugar mills, ethanol and energy in Brazil: an analysis based in leading companies and key-organizations of sector and of LPA of Sertãozinho. **Independent Journal of Management & Production**, Jacareí, v. 6, n. 4, p. 1070-1096, 2015. Disponível em: <http://dx.doi.org/10.14807/ijmp.v6i4.337>. Acesso em: 20 dez. 2020.

LIM, S.; ZHU, J. Primal-dual correspondence and frontier projections in two-stage network DEA models. **Omega**, London, v. 83, p. 236-248, 2019. Disponível em: <https://doi.org/10.1016/j.omega.2018.06.005>. Acesso em: 19 mai. 2020.

LIMA, C. G. R. **Análise linear e espacial entre alguns atributos produtivos e tecnológicos da cana-de-açúcar com o pH de um argissolo vermelho de Suzanópolis (SP)**. 2012. 101 f. Tese (Doutorado em Agronomia) - Universidade Estadual Paulista, Ilha Solteira, 2012.

LIMA, E. P.; LEZANA, A. G. R. Desenvolvendo um framework para estudar a ação organizacional: das competências ao modelo organizacional. **Gestão & Produção**, São Carlos, v. 12, n. 2, p. 177-190, 2005. Disponível em: <http://dx.doi.org/10.1590/S0104-530X2005000200004>. Acesso em: 19 mai. 2020.

LIMA, R. P.; SILVA, A. P.; GIAROLA, N. F. B.; DA SILVA, A. R.; ROLIM, M. M. Changes in soil compaction indicators in response to agricultural field traffic. **Biosystems Engineering**, London, v. 162, p. 1-10, 2017. Disponível em: <https://doi.org/10.1016/j.biosystemseng.2017.07.002>. Acesso em: 22 abr. 2020.

LISBOA, I. P.; CHERUBIN, M. R.; CERRI, C. C.; CERRI, D. G. P.; CERRI, C. E. P. Guidelines for the recovery of sugarcane straw from the field during harvesting. **Biomass Bioenergy**, London, v. 96, p. 69-74, 2017. Disponível em: <https://doi.org/10.1016/j.biombioe.2016.11.008>. Acesso em: 19 mai. 2020.

LISBOA, I. P.; CHERUBIN, M. R.; LIMA, R. P.; CERRI, C. C.; SATIRO, L. C.; WIENHOLD, B. J.; SCHMER, M. R.; JIN, V. L.; CERRI, C. E. P. Sugarcane straw removal effects on plant growth and stalk yield. **Industrial Crops and Products**, Amsterdam, v. 111, p. 794-806, 2018. Disponível em: <https://doi.org/10.1016/j.indcrop.2017.11.049>. Acesso em: 29 out. 2020.

LISBOA, L. A. M.; PASCOALOTO, I. M.; VIANA, R. S.; LOPES, P. R. M.; FIGUEIREDO, P. A. M. Contaminações em caldo de cana-de-açúcar: uma avaliação temporal. **Brazilian Journal of Biomedical Engineering**, Tupã, v. 9, n. 3, p. 279-288, 2015. Disponível em: <http://dx.doi.org/10.18011/bioeng2015v9n30279-288>. Acesso em: 19 mai. 2020.

LITTLE, R. J. A.; RUBIN, D. B. **Statistical analysis with missing data**. Londres: Wiley, 1986. 408 p.

LIU, X.; ZHANG, Z. An application of DEA model to measure the efficiency of ecological agricultural informatization in Heilong Jiang Province. **Custos e @gronegócio Online**, Recife, v. 11, n. 2, p. 2-12, 2015.

LOPES, C. H. (org.). **Tecnologia de produção de açúcar de cana**. São Carlos: EdUFSCAR, 2011. 183 p.

LOPES, M. L.; PAULILLO, S. C. L.; CHERUBIN, R. A.; GODOY, A.; AMORIM NETO, H. B.; AMORIM, H. V. **Linhagens de leveduras personalizadas para produção de etanol: seleção dirigida pelo processo**. Piracicaba: Fermentec Tecnologias em Açúcar e Álcool Ltda, 2015. 40 p.

LOPES, M. L.; CAMPOS, D. C.; GIOMETTI, F. H. C.; SATTOLO, B.; BERNARDINO, C. D.; AMORIM NETO, H. B.; AMORIM, H. V. **Broca da cana: impacto na indústria – prejuízos causados pela broca vão muito além do canavial**. Piracicaba: Fermentec Tecnologias em Açúcar e Álcool Ltda, 2016. 25 p.

LOPES, M. U. **Modelo de viabilidade para tomada de decisão sobre arrendamento de terras - estudo de caso em usina de cana-de-açúcar no Triângulo Mineiro**. 2018. 79 f. Dissertação (MPAGRO) – Escola de Economia de São Paulo, Fundação Getúlio Vargas, São Paulo, 2018.

LOUBSER, R. C.; JENSEN, P. Modelling juice flow in a shredded cane bed. **International Sugar Journal**, London, v. 88, p. 211-222, 2015.

LUO, L.; VAN DER VOET, E.; HUPPES, G. Life cycle assessment and life cycle costing of bioethanol from sugarcane in Brazil. **Renewable & Sustainable Energy Reviews**, London, v. 13, n. 6–7, p. 1613-1619, 2009.

MACEDO, I. C. Situação atual e perspectivas do etanol. **Estudos Avançados**, São Paulo, v. 21, p. 157-165, 2007. Disponível em: <http://dx.doi.org/10.1590/S0103-40142007000100012>. Acesso em: 05 mai. 2020.

MADALENO, L. L.; MINARI, G. D.; ANNUNZIO, F. R.; CARVALHO, M. R.; BOSSA JÚNIOR, G. R.; SALES, D. C.; FRIGIERI, M. C. Uso de antimicrobianos para controle de contaminação durante a fermentação etanólica. **Científica**, Jaboticabal, v. 44, n. 2, p. 226-234, 2016. Disponível em: <http://dx.doi.org/10.15361/1984-5529.2016v44n2p226-234>. Acesso em: 16 nov. 2020.

MALDANER, L. F.; MOLIN, J. P. Data processing within rows for sugarcane yield mapping. **Scientia Agricola**, Piracicaba, v. 77, n. 5, p. 20180391, 2020. Disponível em: <http://dx.doi.org/10.1590/1678-992X-2018-0391>. Acesso em: 19 mai. 2020.

MALHOTRA, N. K. **Pesquisa de marketing: uma orientação aplicada**. 3. ed. Porto Alegre: Bookman, 2005.

MARCUSSO, M. A. **Conflito entre as abordagens de rentabilidade, intermediação e produção em bancos *corporate* brasileiros**: uma análise DEA dois estágios entre 1996 e 2015. 2017. 93 f. Dissertação (Mestrado em Ciências) – Faculdade de Administração, Economia e Contabilidade de Ribeirão Preto, Universidade de São Paulo, Ribeirão Preto, 2017.

MARIN, F. R. **Eficiência de produção da cana-de-açúcar brasileira**: estado atual e cenários futuros baseados em simulações multimodelos. 2014. 262 f. Tese (Livre-Docência) - Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz”, Universidade de São Paulo, Piracicaba, 2014.

MARIN, F. R.; EDREIRA, J. I. R.; ANDRADE, J.; GRASSINI, P. On-farm sugarcane yield and yield components as influenced by number of harvests. **Field Crop Research**, v. 240, p. 134-142, 2019. Disponível em: <https://linkinghub.elsevier.com/retrieve/pii/S0378429018321993>. Acesso em: 14 mai. 2020.

MARQUES, O. M.; MARQUES, T. A.; TASSO, L. C. **Tecnologia do açúcar**: produção e industrialização da cana-de-açúcar. Jaboticabal: FUNEP, 2001. 170 p.

MARQUES, P. V. (coord.) **Custo de produção agrícola e industrial de açúcar e álcool na safra 2007/2008**. Piracicaba: USP: ESALQ, 2009. 194 p. Relatório apresentado a Confederação da Agricultura e Pecuária do Brasil.

MARTINS, G. A.; THEÓFILO, C. R. **Metodologia da investigação científica para ciências sociais aplicadas**. 3. ed. São Paulo: Atlas, 2016.

MARTINS, T.; SILVA, F. C. A formação de dextrana na cana-de-açúcar e seus impactos na agroindústria sucroenergética. **Alcoolbrás**, São Paulo, v. 137, p. 50-61, 2012.

MELLO, E. P. G. **Produtividade total dos fatores, mudança técnica, eficiência técnica e eficiência de escala na indústria brasileira, 1996-2000**. Dissertação (Mestrado) - Centro de Desenvolvimento e Planejamento Regional, Faculdade de Ciências Econômicas, Universidade Federal de Minas Gerais, 2003.

MELLO, J. C. C. B. S.; ANGULO-MEZA, L.; GOMES, E. G.; SERAPIÃO, B. P.; LINS, M. P. E. Análise envoltória de dados no estudo da eficiência e dos benchmarks para companhias aéreas brasileiras. **Pesquisa Operacional**, Rio de Janeiro, v. 23, n. 2, p. 325-345, 2003. Disponível em: <http://dx.doi.org/10.1590/S0101-74382003000200005>. Acesso em: 09 out. 2020.

MENDES, L.; URBINA, L. M. S. Comunidades de prática e suas contribuições para o desenvolvimento tecnológico da agricultura familiar. **Organizações Rurais e Agroindustriais**, Lavras, v. 17, p. 25-39, 2015. Disponível em: <https://doi.org/10.22004/ag.econ.262757>. Acesso em: 23 nov. 2020.

METROPOLIS, N.; ROSENBLUTH, A. W.; ROSENBLUTH, M. N.; TELLER, A. H.; TELLER, E. Equation of state calculations by fast computing machines. **The Journal of Chemical Physics**, Melville, v. 21, n. 6, 1953. Disponível em: <https://doi.org/10.1063/1.1699114>. Acesso em: 19 mai. 2020..

MIRANDA, A. S.; DOMINGUES, F. N.; GODOY, B. S.; RÊGO, A. C.; FATURI, C.; AZEVEDO, J. C. Yield and technological performance of sugarcane cultivars grown under Af climate conditions. **Semina: ciências agrárias**, v. 41, n. 1, p. 73-82, 2020. Disponível em: <https://doi.org/10.5433/1679-0359.2020v41n1p73> . Acesso em: 06 nov. 2020..

MONTEIRO, J. E. B. A. (ed.). **Agrometeorologia dos cultivos: o fator meteorológico na produção agrícola**. Brasília: INMET, 2009. 530 p.

MONTEIRO, L. A.; SENTELHAS, P. C. Sugarcane yield gap: can it be determined at national level with a simple agrometeorological model? **Crop and Pasture Science**, Clayton, v. 68, p. 272–284, 2017. Disponível em: <https://dx.doi.org/10.1071/CP16334>. Acesso em: 19 mai. 2020.

MONTGOMERY, D. C.; PECK, E. A.; VINING, G. G. **Introduction to linear regression analysis**. 3. ed. New York: Wiley, 2001.

MORAES, M. A. F. D.; BACCHI, M. R. P.; CALDARELLI, C. E. Accelerated growth of the sugarcane, sugar, and ethanol sectors in Brazil (2000-2008): effects on municipal gross domestic product per capita in the south-central region. **Biomass and Bioenergy**, Amsterdam, v. 91, p. 116–125, 2016. Disponível em: <https://doi.org/10.1016/j.biombioe.2016.05.004>. Acesso em: 29 out. 2020.

MORAIS, L. K.; CURSI, D. E.; SANTOS, J. M.; SAMPAIO, M.; CÂMARA, T. M. M.; SILVA, P. A.; BARBOSA, G. V.; HOFFMANN, H. P.; CHAPOLA, R. G.; FERNANDES JÚNIOR, A. R.; GAZAFFI, R. Melhoramento genético de cana-de-açúcar. **Documentos 200**, Aracaju, p. 1-40, dez. 2015. Disponível em: <https://ainfo.cnptia.embrapa.br/digital/bitstream/item/142119/1/Doc-200.pdf>. Acesso em: 04 mai. 2020.

MOUSAVI, M. M.; OUENNICHE, J.; TONE, K. A comparative analysis of two-stage distress prediction models. **Expert Systems with Applications**, Elmsford, v. 119, p. 322–341, 2019. Disponível em: <https://doi.org/10.1016/j.eswa.2018.10.053>. Acesso em: 19 mai. 2020.

NEUMAN, W. L. **Social research methods: qualitative and quantitative approaches**. Boston: Pearson, 2006. 640 p.

NEVES, M. F.; CONEJERO, M. A. **Estratégias para a cana no Brasil: um negócio classe mundial**. São Paulo: Atlas, 2010.

ODECK, J. Statistical precision of DEA and Malmquist indices: a bootstrap application to Norwegian gain producers. **Omega**, London, v. 37, n. 5, p. 1007-1017, 2009. Disponível em: <https://doi.org/10.1016/j.omega.2008.11.003>. Acesso em: 04 dez. 2020.

OECD; FAO. **OECD-FAO agricultural outlook 2017-2026**. Paris: OECD, 2017. 142 p. Disponível em: http://dx.doi.org/10.1787/agr_outlook-2017-en. Acesso em: 14 jun. 2018.

OGANDO, F. I. B.; AGUIAR, C. L.; VIOTTO, J. V. N.; HEREDIA, F. J.; HERNANZ, D. Removal of phenolic, turbidity and color in sugarcane juice by electrocoagulation as a sulfur-free process. **Food Research International**, Ottawa, v. 122, p. 643-652, 2019. Disponível em: <https://doi.org/10.1016/j.foodres.2019.01.039>. Acesso em: 19 mai. 2020..

OLIVEIRA, T. B. A.; SELIG, P. M.; BARBOSA, V. M.; CAMPOS, L. M. S.; BORNIA, A. C.; OLIVEIRA, M. W. Tecnologia e custos de produção de cana-de-açúcar: um estudo de caso em uma propriedade agrícola. **Latin American Journal of Business Management**, Taubaté, v. 3, n. 1, p. 150-172, 2012.

OLIVEIRA, F. B.; BRAS, J.; PIMENTA, M. T. B.; CURVELO, A. A. S.; BELGACEM, M. N. Production of cellulose nanocrystals from sugarcane bagasse fibers and pith. **Industrial Crops and Products**, Amsterdam, v. 93, p. 48-57, 2016. Disponível em: <http://dx.doi.org/10.1016/j.indcrop.2016.04.064>. Acesso em: 19 mai. 2020.

OLIVERIO, J. L.; AVILA, A. C. R.; FABER, A. N.; SOARES, P. A. Juice extraction systems: mills and diffusers – the brazilian experience. **International Sugar Journal**, London, v. 28, p. 1-18, 2014.

OMETTO, A. R.; HAUSCHILD, M. Z.; ROMA, W. N. L. Lifecycle assessment of fuel ethanol from sugarcane in Brazil. **The International Journal of Life Cycle Assessment**, Landsberg, v. 14, n. 3, p. 236-247, 2009.

OPEC. **OPEC monthly oil market report**. 2021. Disponível em: <https://momr.opec.org/pdf-download/>. Acesso em: 28 jul. 2020.

ÖRKÇÜ, H. H.; ÖZSOY, V. S.; ÖRKÇÜ, M.; BAL, H. A neutral cross efficiency approach for basic two stage production systems. **Expert Systems with Applications**, Elmsford, v. 125, p. 333–344, 2019. Disponível em: <https://doi.org/10.1016/j.eswa.2019.01.067>. Acesso em: 31 nov. 2020.

PACAGNELLA JUNIOR, A. C.; SILVA, S. L.; PACÍFICO, O.; IGNACIO, P. S. A.; SILVA, A. L. Critical success factors for project manufacturing environments. **Project Management Journal**, Thousand Oaks, v. 50, n. 2, p. 243-258, 2019. Disponível em: <https://doi.org/10.1177/8756972819827670>. Acesso em: 22 nov. 2020.

PAES, A. T. O que fazer quando a distribuição não é normal? **Einstein**: educação continuada em saúde, São Paulo, v. 7, n. 1, pt. 2, p. 3-4, 2009.

PALACIOS-BERECHÉ, R.; ENSINAS, A. V.; NEBRA, S. A. Energy consumption in ethanol production by enzymatic hydrolysis – the integration with the conventional process using pinch analysis. **Chemical Engineering Transactions**, Roma, v. 24, p. 1189–1194, 2011. Disponível em: <http://dx.doi.org/10.3303/CET1124199>. Acesso em: 19 mai. 2020.

PALACIOS-BERECHÉ, R.; ENSINAS, A. V.; MODESTO, M.; NEBRA, A. S. Extraction process in the ethanol production from sugarcane – a comparison of millings and diffusion. **Chemical Engineering Transactions**, Roma, v. 39, p. 1519-1524, 2014. Disponível em: <https://doi.org/10.3303/CET1439254>. Acesso em: 19 mai. 2020.

PARETO, V. The new theories of economics. **Journal of Political Economy**, Chicago, v. 5, n. 4, p. 485–502, 1897.

PATRIZII, V. On network two stages variable returns to scale DEA models. **Omega**, London, v. 97, p. 102084, 2020. Disponível em: <https://doi.org/10.1016/j.omega.2019.06.010>. Acesso em: 06 dez. 2020.

PELLEGRINI, L. F.; OLIVEIRA JUNIOR, S. Combined production of sugar, ethanol and electricity: thermo economic and environmental analysis and optimization. **Energy**, Kidlington, v. 36, p. 3704–3715, 2011. Disponível em: <https://doi.org/10.1016/j.energy.2010.08.011>. Acesso em: 19 mai. 2020.

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**. 2012. 140 f. Dissertação (Mestrado em Economia) - Universidade Estadual de Campinas, Campinas, 2012.

PEREIRA, C. N.; SILVEIRA, J. M. F. J. Análise exploratória da eficiência produtiva das usinas de cana-de-açúcar na região Centro-Sul do Brasil. **Revista de Economia e Sociologia Rural**, Piracicaba, v. 54, n. 1, p. 147-166, 2016. Disponível em: <http://dx.doi.org/10.1590/1234-56781806-9479005401008>. Acesso em: 07 abr. 2020.

PIGOTT, T. D. A review of methods for missing data. **Educational Research and Evaluation**, Londres, v. 7, n. 4, p. 353-383, 2001. Disponível em: <https://doi.org/10.1076/edre.7.4.353.8937>. Acesso em: 19 mai. 2020.

PIMENTEL, L. A. S. **O impacto da matriz energética e das mudanças no uso da terra na eficiência relativa entre os países membros do G20 na emissão de gases de efeito estufa: uma análise de envelopamento de dados (DEA) nos anos 1990, 2000 e 2010**. 2014. 289 f. Tese (Doutorado em Administração e Organizações) – Faculdade de Economia, Administração e Contabilidade de Ribeirão Preto, Universidade de São Paulo, Ribeirão Preto, 2014.

PINO, F. A. A questão da não normalidade: uma revisão. **Revista de Economia Agrícola**, São Paulo, v. 61, n. 2, p. 17-33, 2014.

PINTO, H. M. S.; VIANNA, M. S.; COSTA, L. G.; MARIN, F. R. Produtividade de cana-de-açúcar no Estado de São Paulo baseada em simulações multimodelos e mudanças climáticas. **Agrometeoros**, Passo Fundo, v. 26, n. 1, p. 11-24, 2018.

PIRES, L. F.; BORGES, J. A. R.; ROSA, J. A.; COOPER, M.; HECK, R. J.; PASSONI, S.; ROQUE, W. L. Soil structure changes induced by tillage systems. **Soil Tillage & Research**, Amsterdam, v. 165, p. 66-79, 2017. Disponível em: <https://doi.org/10.1016/j.still.2016.07.010>. Acesso em: 07 mai. 2020.

POP, L. N.; ROVINARU, M.; ROVINARU, F. The challenges of sugar market: an assessment from the price volatility perspective and its implications for Romania. **Procedia Economics and Finance**, Amsterdam, v. 5, p. 605–614, 2013. Disponível em: [https://doi.org/10.1016/S2212-5671\(13\)00071-3](https://doi.org/10.1016/S2212-5671(13)00071-3). Acesso em: 19 mai. 2020.

POPPER, K. **A lógica da pesquisa científica**. 2. ed. São Paulo: Cultrix, 2013. 456 p.

PPDB: Pesticide Properties Database. Hatfield: University of Hertfordshire, 2019. Disponível em: <http://sitem.herts.ac.uk/aeru/ppdb/en/index.htm>. Acesso em: 04 dez. 2020.

RAVNÖ, A. B. Microbial degradation in sugar cane diffusers. *In: INTERNATIONAL SOCIETY OF SUGAR CANE TECHNOLOGISTS CONGRESS*, 24., 2001, Brisbane. **Proceedings** [...]. Mackay: XXIV ISSCT Congress Organising Committee, 2001. p. 384–385.

RAVNÖ, A. B.; PURCHASE, B. S. Dealing with dextran in the South African sugar industry. **International Sugar Journal**, London, v. 108, n. 1289, p. 255, 2006.

REAGAN, T. E.; MULCAHY, M. M. Interaction of cultural, biological, and varietal controls for management of stalk borers in Louisiana sugarcane. **Insects**, Basel, v. 10, n. 9, p. 305-316, 2019. Disponível em: <https://doi.org/10.3390/insects10090305>. Acesso em: 29 mai. 2020.

RENOUF, M.; WEGENER, M.; PAGAN, R. Life cycle assessment of Australian sugarcane production with a focus on sugarcane growing. **The International Journal of Life Cycle Assessment**, Landsberg, v. 15, n. 9, p. 927-937, 2010.

RIGHETTO, A. J.; RAMIRES, T. G.; NAKAMURA, L. R.; CASTANHO, P. L. D. B.; FAES, C.; SAVIAN, T. V. Predicting weed invasion in a sugarcane cultivar using multispectral image. **Journal of Applied Statistics**, Sheffield, v. 46, n. 1, p. 1-12, 2019. Disponível em: <http://dx.doi.org/10.1080/02664763.2018.1450362>. Acesso em: 19 mai. 2020..

ROSSATO, O. B.; FOLTRAN, R.; CRUSCIOL, C. A. C.; MARTELLO, J. M.; ROSSETTO, R.; MCCRAY, J. M. Soil fertility, ratoon sugarcane yield, and post-harvest residues as affected by surface application of lime and gypsum in southeastern Brazil. **Bioscience Journal**, Uberlândia, v. 33, n. 2, p. 276-287, 2017. Disponível em: <http://dx.doi.org/10.14393/bj-v33n2-32755>. Acesso em: 20 nov. 2020.

RUVIARO, C. F.; GIANEZINI, M.; BRANDÃO, F. S.; WINCK, C. A.; DEWES, H. Life cycle assessment in Brazilian agriculture facing worldwide trends. **Journal of Cleaner Production**, Amsterdam, v. 28, p. 9-24, 2012.

SABINO, A. R.; TAVARES, S. S.; RIFFEL, A.; LI, J. V.; OLIVEIRA, D. J. A.; FERES, C. I. M. A.; HENRIQUE, L.; OLIVEIRA, J. S.; CORREIA, G. D. S.; SABINO, A. R.; NASCIMENTO, T. G.; HAWKES, G.; SANTANA, A. E. G.; HOLMES, E.; BENTO, E. S. ¹H NMR metabolomic approach reveals chlorogenic acid as a response of sugarcane induced by exposure to *Diatraea saccharalis*. **Industrial Crops & Products**, Amsterdam, v. 140, p. 111651, 2019. Disponível em: <https://doi.org/10.1016/j.indcrop.2019.111651>. Acesso em: 19 mai. 2020.

SADRMOMTAZI, A.; SOBHANI, J.; MIRGOZAR, M. A. Modeling compressive strength of EPS lightweight concrete using regression, neural network and ANFIS. **Construction and Building Materials**, Amsterdam, v. 42, p. 205-216, 2013. Disponível em: <https://doi.org/10.1016/j.conbuildmat.2013.01.016>. Acesso em: 19 mai. 2020.

SALE, J. E.; LOHFELD, L. H.; BRAZIL, K. Revisiting the quantitative-qualitative debate: implications for mixed-methods research. **Quality & Quantity**, Dordrecht, v. 36, n. 1, p. 43-

53, 2002. Disponível em: <https://doi.org/10.1023/A:1014301607592>. Acesso em: 03 out. 2020.

SALGADO JUNIOR, A. P.; BONACIM, C. A. G.; PACAGNELLA JUNIOR, A. C. Aplicação da análise envoltória de dados (DEA) para avaliação de eficiência de usinas de açúcar e álcool da região nordeste do estado de São Paulo. **Organizações Rurais e Agroindustriais**, Lavras, v. 11, n. 3, p. 494-513, 2009. Disponível em: <http://repositorio.ufla.br/jspui/handle/1/8844>. Acesso em: 19 mai. 2020.

SALGADO JUNIOR, A. P.; CARLUCCI, F. V.; NOVI, J. C. Aplicação da análise envoltória de dados (AED) na avaliação da eficiência operacional relativa entre usinas de cana-de-açúcar no território brasileiro. **Engenharia Agrícola**, Jaboticabal, v. 34, n. 5, p. 826-843, 2014. Disponível em: <http://dx.doi.org/10.1590/S0100-69162014000500003>. Acesso em: 08 mai. 2020.

SALGADO JUNIOR, A. P.; NOVI, J. C. Proposta metodológica: avaliação externa e desempenho dos alunos. **Revista Brasileira de Política e Administração da Educação**, Brasília, DF, v. 30, n. 3, p. 583-618, 2014. Disponível em: <https://doi.org/10.21573/vol30n32014.57616>. Acesso em: 19 mai. 2020.

SALGADO JUNIOR, A. P.; PIMENTEL, L. A. S.; OLIVEIRA, M. M. B.; NOVI, J. C. O impacto nas variações das matrizes energéticas e uso da terra: estudo sobre a eficiência ambiental do G20. **Revista Eletrônica de Administração**, Porto Alegre, v. 86, p. 306-332, 2017. Disponível em: <http://dx.doi.org/10.1590/1413.2311.013.62781>. Acesso em: 25 nov. 2020.

SAMPAIO, I. L. M.; CARDOSO, T. F.; SOUZA, N. R. D.; WATANABEL, M. D. B.; CARVALHO, D. J.; BONOMI, A.; JUNQUEIRA, T. L. Electricity production from sugarcane straw recovered through bale system: assessment of retrofit projects. **Bioenergy Research**, London, v. 12, p. 865-877, 2019. Disponível em: <https://doi.org/10.1007/s12155-019-10014-9>. Acesso em: 23 mai. 2020.

SANTOS, F.; BORÉM, A.; CALDAS, C. (ed.). **Cana-de-açúcar: bioenergia, açúcar e álcool: tecnologia e perspectivas**. Viçosa: UFV, 2010. 577 p.

SANTOS, F.; COLODETTE, J.; QUEIROZ, J. **Bioenergia e biorrefinaria: cana-de-açúcar e espécies florestais**. Viçosa: Suprema, 2013. 551 p.

SANTOS, G. A. **Silício na produção de cana-de-açúcar**. 2017. 111 f. Tese (Doutorado em Agronomia) - Universidade Federal de Uberlândia, Uberlândia, 2017.

SANTOS, G. R. (org.). **Quarenta anos de etanol em larga escala no Brasil: desafios, crises e perspectivas**. Brasília: Ipea, 2016. 324 p.

SAPCANA. **Sistema de Acompanhamento da Produção Canavieira**: acompanhamento da produção. [2018]. Disponível em: http://www.udop.com.br/download/estatistica/producao_estados/21mai18_acompanhamento_producao_safr_2018a2019.pdf. Acesso em: 3 jun. 2018.

SARTORI, J. A. S.; MAGRI, N. T. C.; AGUIAR, C. L. Clarificação de caldo de cana-de-açúcar por peróxido de hidrogênio: efeito da presença de dextrana. **Brazilian Journal of Food Technology**, Campinas, v. 18, n. 4, p. 299-306, 2015. Disponível em: <http://dx.doi.org/10.1590/1981-6723.4215>. Acesso em: 19 mai. 2020.

SAWAENGSAK, W.; OLSEN, S. I.; HAUSCHILD, M. Z.; GHEEWALA, S. H. Development of a social impact assessment method and application to a case study of sugarcane, sugar, and ethanol in Thailand. **The International Journal of Life Cycle Assessment**, Landsberg, v. 24, p. 2054-2072, 2019. Disponível em: <https://doi.org/10.1007/s11367-019-01624-8>. Acesso em: 10 out. 2020.

SCARPARE, F. V.; JONG VAN LIER, Q.; CAMARGO, L.; PIRES, R. C. M.; RUIZ-CORREA, S. T.; BEZERRA, A. H.; GAVA, G. J. C.; DIAS, C. T. S. Tillage effects on soil physical condition and root growth associated with sugarcane water availability. **Soil Tillage Research**, Amsterdam, v. 187, p. 110-118, 2019. Disponível em: <https://doi.org/10.1016/j.still.2018.12.005>. Acesso em: 19 mai. 2020.

SCHAFER, J. L. **Analysis of incomplete multivariate data**. London: Chapman & Hall, 1997. 444 p.

SCHAFER, J. L.; GRAHAN, J. W. Missing data: our view of the state of the art. **Psychological Methods**, Washington, v. 7, n. 2, p. 147-177, 2002. Disponível em: <http://dx.doi.org/10.1037/1082-989X.7.2.147>. Acesso em: 19 mai. 2020.

SCHEIDL, H. A.; SIMON, A. T.; PACAGNELLA JUNIOR, A. C.; SALGADO JÚNIOR, A. P. Environmental impacts of mechanization in Brazil's sugar and ethanol industry: the cutting, loading, and transportation process case. **Environmental Progress and Sustainable Energy**, London, v. 34, n. 6, p. 1748-1755, 2015. Disponível em: <https://doi.org/10.1002/ep.12159>. Acesso em: 29 set. 2020.

SCHEITERLE, L.; ULMER, A.; BIRNER, R.; PYKA, A. From commodity-based value chains to biomass-based value webs: the case of sugarcane in Brazil's bioeconomy. **Journal of Cleaner Production**, Amsterdam, v. 172, p. 3851-3863, 2018. Disponível em: <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2017.05.150>. Acesso em: 19 mai. 2020.

SCHERER, C. E. M.; PORSSE, A. A. Eficiência produtiva regional da agricultura brasileira: uma análise de fronteira estocástica. **Revista de Economia e Sociologia Rural**, Piracicaba, v. 55, n. 2, p. 389-410, 2017. Disponível em: <http://dx.doi.org/10.1590/1234-56781806-94790550210>. Acesso em: 30 set. 2020.

SECCHIM, A. B.; FREITAS, R. R.; GONÇALVES, W. Mapeamento e análise bibliométrica da utilização da Análise Envoltória de Dados (DEA) em estudos de engenharia de produção. **Brazilian Journal of Production Engineering**, São Mateus, v. 4, n. 1, p. 116-128, 2018.

SEGATO, S. V.; MATTIUZ, C. F. M.; MOZAMBINI, A. E. Aspectos fenológicos da cana-de-açúcar. In: SEGATO, S. V.; PINTO, A. S.; JENDIROBA, E.; NÓBREGA, J. C. M. **Atualização em produção de cana-de-açúcar**. Piracicaba: Livroceres, 2006. p. 19-36.

SENTELHAS, P. C.; PEREIRA, A. B. El Niño - Southern oscillation and its impacts on local climate and sugarcane yield in Brazil. **Sugar Tech**, New Delhi, v. 21, p. 976, 2019. Disponível em: <https://doi.org/10.1007/s12355-019-00725-w>. Acesso em: 19 mai. 2020.

SHAO, L.; YU, X.; FENG, C. Evaluating the eco-efficiency of China's industrial sectors: a two-stage network data envelopment analysis. **Journal of Environmental Management**, New York, v. 247, p. 551–560, 2019. Disponível em: <https://doi.org/10.1016/j.jenvman.2019.06.099>. Acesso em: 19 out. 2020.

SHEHABUDDEEN, N.; PROBERT, D.; PHAAL, R. Representing and approaching complex management issues: part 1 – role and definition. **Working Paper UC**, Cambridge, 2000. Disponível em: <http://dx.doi.org/10.2139/ssrn.1923155>. Acesso em: 19 out. 2020.

SHIKIDA, P. F. A. **A evolução diferenciada da agroindústria canavieira no Brasil de 1975 a 1995**. 1997. Tese (Doutorado) – Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz”, Universidade de São Paulo, Piracicaba, 1997.

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

SHIKIDA, P. F. A.; AZEVEDO, P. F.; VIAN, C. E. F. Desafios da agroindústria canavieira no Brasil pós-desregulamentação: uma análise das capacidades tecnológicas. **Revista de Economia e Sociologia Rural**, Piracicaba, v. 49, p. 599-628, 2011. Disponível em: <http://dx.doi.org/10.1590/S0103-20032011000300004>. Acesso em: 19 mai. 2020.

SHUKLA, S. K.; SOLOMON, S.; SHARMA, L.; JAISWAL, V. P.; PATHAK, A. D.; SINGH, P. Green technologies for improving cane sugar productivity and sustaining soil fertility in sugarcane-based cropping system. **Sugar Tech**, New Delhi, v. 21, p. 186-196, 2019. Disponível em: <https://doi.org/10.1007/s12355-019-00706-z>. Acesso em: 29 out. 2020.

SILVA, A. G. B.; LISBOA, I. P.; CHERUBIN, M. R.; CERRI, C. E. How much sugarcane straw is needed for covering the soil? **Bioenergy Research**, London, v. 12, p. 858-864, 2019. Disponível em: <https://doi.org/10.1007/s12155-019-10008-7>. Acesso em: 19 mai. 2020.

SILVA, N.; JUNQUEIRA, V. C. A.; SILVEIRA, N. F. A.; TANIWAKI, M. H.; GOMES, R. A. R.; OKAZAKI, M. M. **Manual de métodos de análise microbiológica de alimentos e água**. São Paulo: Blucher, 2017. 535 p.

SILVA, R. G.; DELBONI, C.; GONÇALVES FILHO, M. Reconhecimento da escassez de investigação científica sobre a produção da cana-de-açúcar no setor sucroenergético. **Brazilian Journal of Production Engineering**, São Mateus, v. 6, n. 1, p. 143-156, 2020. Disponível em: <https://www.periodicos.ufes.br/bjpe/article/view/29151/20659>. Acesso em: 25 set. 2020.

SILVA, T. S.; SOUZA, M. F.; TEÓFILO, T. M. S.; SANTOS, M. S.; PORTO, M. A. F.; SOUZA, C. M. M.; SANTOS, J. B.; SILVA, D. V. Use of neural networks to estimate the sorption and desorption coefficients of herbicides: a case study of diuron, hexazinone, and

sulfometuron-methyl in Brazil. **Chemosphere**, Oxford, v. 236, p. 124333, 2019. Disponível em: <https://doi.org/10.1016/j.chemosphere.2019.07.064>. Acesso em: 19 mai. 2020.

SILVA NETO, H. F.; MARQUES, M. O.; TASSO JÚNIOR, L. C.; LEBRE, A. C. P. Teores de polissacarídeos em diferentes partes do colmo de cana-de-açúcar (cultivares CTC 9, CTC 15 e CTC 16). **Enciclopédia Biosfera**, Goiânia, v. 7, n. 12, p. 1-8, 2011. Disponível em: <http://www.conhecer.org.br/enciclop/2011a/agrarias/teores%20de%20polissacarideos.pdf>. Acesso em: 29 set. 2020.

SIMAR, L. Estimating efficiencies from frontier models with panel data: a comparison of parametric, non-parametric and semi-parametric methods with bootstrapping. **Journal of Productivity Analysis**, London, v. 1-2, p. 171-203, 1992.

SIMAR, L.; WILSON, P. W. Sensitivity analysis of efficiency score: how to bootstrap in nonparametric frontier models. **Management Science**, Cattonsville, v. 44, n. 1, p. 49-61, 1998. Disponível em: <https://www.jstor.org/stable/2634426>. Acesso em: 19 mai. 2020.

SIMAR, L.; WILSON, P. W. A general methodology for bootstrapping in non-parametric frontier models. **Management Science**, Cattonsville, v. 44, p. 49-61, 2000. Disponível em: <https://doi.org/10.1080/02664760050081951>. Acesso em: 09 jul. 2020.

SIMON, A. T.; SATOLO, E. G.; SCHEIDL, H. A.; DI SÉRIO, L. C. Business process in supply chain integration in sugar and ethanol industry. **Business Process Management Journal**, Bingley, v. 20, n. 2, p. 272-289, 2014. Disponível em: <https://doi.org/10.1108/BPMJ-04-2013-0043>. Acesso em: 20 out. 2020.

SINGELS, A.; MCFARLANE, S. A.; NICHOLSON, R.; WAY, M.; SITHOLE, P. Review of south african sugarcane production in the 2016/2017 season: light at the end of the tunnel? **Proceedings of the Annual Congress of the South African Sugar Technologists' Association**, Durban, n. 90, p. 1-19, 2017.

SINGH, B. P.; SETIA, R.; WIESMEIER, M.; KUNHIKRISHNAN, A. Agricultural management practices and soil organic carbon storage. In: SINGH, B. K. (ed.). **Soil Carbon Storage: modulators, mechanisms and modeling**. London: Academic Press, 2018. p. 207-214.

SINGH, K. **Quantitative social research methods**. SAGE: Thousand Oaks, 2007. 432 p.

SOCIEDADE NACIONAL DE AGRICULTURA. **Meiosi**: sistema antigo volta a ser opção para aumentar a produtividade de cana. 2016. Disponível em: <https://www.sna.agr.br/meiosi-sistema-antigo-volta-a-ser-opcao-para-aumentar-produtividade-da-cana/>. Acesso em: 21 ago. 2017.

SOLÍS-FUENTES, J. A.; GALÁN-MÉNDEZ, F.; HERNÁNDEZ-MEDEL, M. R.; GARCÍA-GÓMEZ, R. S.; BERNAL-GONZÁLEZ, M.; MENDOZA-PÉREZ, S.; DURÁN-DOMÍNGUEZ-DE-BAZÚA, M. C. Effectiveness of bagasse activate carbon in raw cane juice clarification. **Food Bioscience**, v. 32, p. 00437, 2019. Disponível em: <https://doi.org/10.1016/j.fbio.2019.100437>. Acesso em: 20 out. 2020.

SOTIROS, D.; KORONAKOS, G.; DESPOTIS, D. K. Dominance at the divisional efficiencies level in network DEA: the case of two-stage processes. **Omega**, London, v. 85, p.

144–155, 2019. Disponível em: <https://doi.org/10.1016/j.omega.2018.06.007>. Acesso em: 20 set. 2020.

SOUZA, G. M.; MACIEL FILHO, R. Industrial biotechnology and biomass: what next for Brazil's future energy and chemicals? **Industrial Biotechnology and Biomass**, v. 12, n. 1, p. 24-25, 2016. Disponível em: <https://doi.org/10.1089/ind.2015.29016.gms>. Acesso em: 10 out. 2020.

SOUZA, G. M.; SLUYS, M. A. V.; LEMBKE, C. G.; LEE, H.; MARGARIDO, G. R. A.; HOTTA, C. T.; GAIARSA, J. W.; DINIZ, A. L.; OLIVEIRA, M. M.; FERREIRA, S. S.; NISHIYAMA JUNIOR, M. Y.; TEM-CATEN, F.; RAGAGNIN, G. T.; ANDRADE, P. M.; SOUZA, R. F.; NICASTRO, G. G.; PANDYA, R.; KIM, C.; GUO, H.; DURHAM, A. M.; CARNEIRO, M. S.; ZHANG, J.; ZHANG, X.; ZHANG, Q.; MING, R.; SCHATZ, M. C.; DAVIDSON, B.; PATERSON, A. H.; HECKERMAN, D. Assembly of the 373k gene space of the polyploid sugarcane genome reveals reservoirs of functional diversity in the world's leading biomass crop. **GigaScience**, London, v. 8, p. 1-18, 2019. Disponível em: <https://doi.org/10.1093/gigascience/giz129>. Acesso em: 25 ago. 2020.

SOUZA, P. C. T.; WILHELM, V. E. Uma revisão bibliográfica dos modelos agrometeorológicos. **Revista Tuiuti Ciência e Cultura**, Curitiba, v. 4, n. 42, 2009.

STRUM, D. **O comércio do açúcar**: Brasil, Portugal e Países Baixos (1595-1630). Rio de Janeiro: Versal, 2012. 537 p.

SZMRECSÁNYI, T. **O planejamento da agroindústria canavieira do brasil (1930 - 1975)**. São Paulo: Hucitec, 1979.

TENELLI, S.; OLIVEIRA BORDONAL, R.; BARBOSA, L. C.; CARVALHO, J. L. N. Can reduced tillage sustain sugarcane yield and soil carbon if straw is removed? **Bioenergy Research**, London, v. 12, p. 764-777, 2019. Disponível em: <https://doi.org/10.1007/s12155-019-09996-3>. Acesso em: 20 out. 2020.

THANASSOULIS, E. Assessing the efficiency of schools with pupils of diferente ability using data envelopment analysis. **Journal of the Operational Research Society**, London, v. 47, n. 1, p. 84-97, 1996.

THANASSOULIS, E. **Introduction to the theory and application of data envelopment analysis**: a foundation text with integrated software. New York: Springer, 2003. 281 p.

ULLAH, A.; SILALERTRUKSA, T.; PONGPAT, P.; GHEEWALA, S. Efficiency analysis of sugarcane production systems in Thailand using data envelopment analysis. **Journal of Cleaner Production**, Amsterdam, v. 238, p. 117877, 2019. Disponível em: <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2019.117877>. Acesso em: 20 out. 2020.

UNICA. **União da Indústria de Cana-de-açúcar**: Observatório da cana. [2018]. Disponível em: <https://observatoriodacana.com.br/>. Acesso em: 30 maio 2018.

UNITED NATIONS. **Kyoto protocol**: targets for the first commitment period. [2018]. Disponível em: http://unfccc.int/kyoto_protocol/items/2830.php. Acesso em: 8 jun. 2018.

URASHIMA, A. S.; SILVA, M. F.; CORAINI, N. F.; GAZAFFI, R. Temporal incidence of *Leifsonia xyli* subsp. *xyli* in sugarcane propagating materials of Brazilian cultivars. **Crop Protection**, Guildford, v. 128, p. 104976, 2020. Disponível em: <https://doi.org/10.1016/j.cropro.2019.104976>. Acesso em: 20 out. 2020.

VERMA, I.; ROOPENDRA, K.; SHARMA, A.; CHANDRA, A. Expression analysis of genes associated with sucrose accumulation and its effect on source–sink relationship in high sucrose accumulating early maturing sugarcane variety. **Physiology and Molecular Biology of Plants**, New Delhi, v. 25, p. 207-220, 2019. Disponível em: <https://doi.org/10.1007/s12298-018-0627-z>. Acesso em: 20 mar. 2020.

VITTI, G. C.; MAZZA, J. A. Planejamento, estratégias de manejo e nutrição de cana-de-açúcar. **Encarte do Informações Agrônomicas**, Piracicaba, v. 97, p. 1-16, 2002.

VUYYURU, M.; SANDHU, H. S.; MCCRAY, M. J.; RAID, R. N.; ERICKSON, J. E. Effects of nitrogen fertilization and seed piece applied fungicides on establishment, tiller dynamics, and sucrose yields in successively planted sugarcane. **Agronomy**, Basel, v. 8, p. 387-409, 2019. Disponível em: <https://doi.org/10.3390/agronomy9070387>. Acesso em: 20 out. 2020.

WANG, J. J.; JING, Y. Y.; ZHANG, C. F.; ZHAO, J. H. Review on multi-criteria decision analysis aid in sustainable energy decision-making. **Renewable and Sustainable Energy Reviews**, Amsterdam, v. 13, p. 2263–2278, 2009. Disponível em: <https://doi.org/10.1016/j.rser.2009.06.021>. Acesso em: 20 set. 2020.

WANG, Q.; WU, Z.; CHEN, X. Decomposition weights and overall efficiency in a two-stage DEA model with shared resources. **Computers and Industrial Engineering**, Oxford, v. 136, n. 24, p. 135–148, 2019.

WANKE, P.; BARROS, C. Two Stage DEA: an application to major brazilian banks. **Expert Systems with Applications**, Elmsford, v. 41, p. 2337-2344, 2014. Disponível em: <https://doi.org/10.1016/j.eswa.2013.09.031>. Acesso em: 20 out. 2020.

WANKE, P. Determinants of scale efficiency in the Brazilian third-party logistics industry from 2001 to 2009. **Brazilian Administration Review**, Brasília, DF, v. 9, n. 1, p. 66-87, 2012. Disponível em: <http://dx.doi.org/10.1590/S1807-76922012000100005>. Acesso em: 02 out. 2020.

XAVIER, M. A.; LANDELL, M. G. A.; CAMPANA, M. P.; FIGUEIREDO, P.; MENDONÇA, J. R.; DINARDO-MIRANDA, L. L.; SCARPARI, M. S.; GARCIA, J.C.; ANJOS, I. A.; AZANIA, C. A. M.; BRANCALÃO, S. R.; KANTHACK, R. A. D.; AFERRI, G.; SILVA, D. N.; BIDÓIA, M. A. P.; CAMPOS, M. F.; PERRUCCO, D.; MATSUO, R.S.; NEVES, J. C. T.; CASSANELI JÚNIOR, J. R.; PERRUCCO, L.; PETRI, R. H.; SILVA, T. N.; SILVA, V. H. P.; THOMAZINHO JÚNIOR, J. R.; MIGUEL, P. E. N.; LOREZANTO, C. M. **Fatores de desuniformidade e kit de pré-brotção IAC para sistema de multiplicação de cana-de-açúcar - mudas-pré-brotadas (MPB)**. Campinas: Instituto Agrônômico, 2014. 22 p. (Documentos IAC, 113).

YANO, I. H.; CASTRO, A.; CANÇADO, G. M. A.; SILVA, F. C. Proposta de utilização de uma blockchain para o registro de teores de dextrana na produção de açúcar. **Comunicado Técnico Embrapa**, Campinas, n. 132, p. 1-7, 2019. Disponível em:

<https://ainfo.cnptia.embrapa.br/digital/bitstream/item/206377/1/Comunicado-132.pdf>. Acesso em: 20 out. 2020.

YIN, R. K. **Estudo de caso**: planejamento e métodos. Porto Alegre: Bookman, 2010. 205 p.

YIN, P.; CHU, J.; WU, J.; DING, J.; YANG, M.; WANG, Y. A DEA-based two-stage network approach for hotel performance analysis: an internal cooperation perspective.

Omega, London, v. 93, p. 102035, 2020. Disponível em:

<https://doi.org/10.1016/j.omega.2019.02.004>. Acesso em: 05 jul. 2019.

APÊNDICE A - Dados para a regressão linear múltipla – safras de 2006/2007 até 2015/2016

INFORMAÇÕES GERAIS								
DMU	SAFRA	ATR TOTAL (ton)	CANA MOÍDA (ton)	ETANOL (m³)	AÇÚCAR (ton)	Campo+Industria (θ_g)	Industria (θ_i)	Influência do Campo (θ_c)
1	2006/2007	465.932,58	3.268.842,12	82.099,27	6.304.047,58	94,4	93,65	0,75
2	2006/2007	249.762,56	1.743.717,63	39.070,63	3.581.122,00	99,26	94,11	5,15
3	2006/2007	458.933,12	3.178.720,86	79.253,45	6.256.126,00	95,98	94,01	1,97
4	2006/2007	611.093,30	4.408.050,77	194.136,67	5.971.760,00	71,54	71,85	-0,31
5	2006/2007	280.769,44	1.926.421,00	61.056,89	3.636.721,80	90,62	84,55	6,07
6	2006/2007	389.564,07	2.687.549,00	103.293,95	4.442.953,86	78,71	75,31	3,4
7	2006/2007	189.928,65	1.308.950,00	58.824,78	1.841.325,84	73,07	68,18	4,89
8	2006/2007	198.002,55	1.338.227,62	68.433,78	1.594.610,00	61,37	55,92	5,45
9	2006/2007	190.676,29	1.340.476,88	54.169,25	2.108.665,10	80,95	77,67	3,28
10	2006/2007	368.764,47	2.606.972,93	135.258,76	2.781.570,00	50,75	49,04	1,71
11	2006/2007	245.395,11	1.782.235,98	50.467,50	3.118.716,80	84,44	83,5	0,94
12	2006/2007	831.973,29	5.960.329,00	287.768,16	7.439.235,00	71,85	69,41	2,44
13	2006/2007	741.132,36	5.423.267,94	225.740,61	7.619.114,00	78,88	78,32	0,56
14	2006/2007	342.243,21	2.308.954,31	114.050,17	2.976.581,00	61,52	56,33	5,19
15	2006/2007	167.558,07	1.166.513,99	51.988,09	1.754.403,00	82,07	76,88	5,19
16	2006/2007	573.739,33	4.101.266,00	212.535,77	4.344.891,00	54,66	54,97	-0,31
17	2006/2007	1.020.130,28	7.018.367,00	284.734,43	10.538.368,68	89,93	89,93	0
18	2006/2007	588.668,69	3.814.034,00	146.648,77	6.903.904,30	91,09	85,57	5,52
19	2006/2007	540.909,85	3.682.640,00	131.921,05	6.378.499,68	86,08	84,51	1,57
20	2006/2007	297.848,61	2.050.657,00	86.214,80	3.171.660,50	74,08	69,34	4,74
21	2006/2007	156.366,12	1.048.649,22	40.122,76	1.623.269,00	89,12	78,31	10,81
22	2006/2007	493.020,06	3.277.091,48	154.422,60	4.562.389,00	68,18	64,94	3,24
23	2006/2007	255.692,27	1.818.475,98	85.508,04	2.369.368,00	62,79	60,76	2,03
24	2006/2007	209.068,36	1.500.248,50	65.482,17	2.043.500,00	67,36	66,81	0,55
25	2006/2007	443.985,13	3.145.524,94	123.079,41	4.930.399,00	76,34	75,95	0,39
26	2006/2007	659.255,36	4.412.311,64	151.319,60	7.638.439,00	91,45	86,44	5,01
27	2006/2007	636.270,85	4.482.501,00	176.691,11	7.090.391,00	83,97	82,58	1,39
28	2006/2007	561.485,76	3.912.799,21	206.865,31	4.222.380,88	54,79	54,34	0,45
29	2006/2007	189.775,91	1.363.187,60	57.169,03	1.756.827,00	65,91	65,12	0,79

CANA AMBIENTE						
DMU	CHUVA (mm/semana)	%CANA PICADA ENTREGUE	TEMPO DE ENTREGA DA CANA (horas)	TEMPERAT. MÁX AMBIENTE	TEMPERAT. MÍN AMBIENTE	UMIDADE RELATIVA DO AR
1	21,94	53,47	22,96	29,52	13,49	63,32
2	7,77	86,76	46,74	3,67	13,70	61,73
3	14,57	11,85	49,18	29,57	14,43	65,82
4	2,55	8,73	36,51	32,28	18,99	52,18
5	2,75	96,49	74,00	28,86	16,48	58,21
6	39,47	85,37	17,68	31,89	18,43	53,66
7	14,98	8,73	28,32	32,37	16,55	61,78
8	17,19	7,57	4,68	28,91	14,93	51,66
9	19,36	9,22	26,35	28,87	14,32	42,37
10	13,97	86,32	49,18	32,76	15,66	52,14
11	15,41	83,47	44,78	31,37	17,85	57,64
12	17,53	63,63	3,15	3,52	15,20	74,41
13	18,22	86,32	35,18	28,43	15,96	62,82
14	13,50	8,97	92,22	27,56	17,96	55,87
15	14,57	77,35	29,75	27,39	14,69	58,99
16	24,24	87,41	3,52	28,89	16,76	53,46
17	17,13	2,26	24,95	27,42	16,35	8,64
18	33,30	28,54	1,34	16,39	2,35	81,44
19	16,70	2,26	43,11	3,82	15,17	57,73
20	34,97	2,26	4,68	31,57	19,52	34,97
21	22,41	4,30	36,51	27,59	14,84	61,92
22	14,69	96,49	32,63	29,28	14,47	64,64
23	27,44	4,30	2,72	29,78	14,96	64,12
24	22,58	55,72	6,43	31,83	16,60	56,38
25	7,73	53,47	18,46	27,70	15,70	67,63
26	18,31	2,26	26,26	28,25	24,66	71,79
27	19,20	2,26	33,27	32,21	2,38	61,66
28	17,71	2,26	74,58	31,83	19,39	64,53
29	11,64	18,87	58,31	31,48	13,25	56,26

ASPECTOS DA CANA									
DMU	AR CANA ANALISADO (%)	PUREZA PRENSA (%)	ART CANA DIGESTOR (%)	FIBRA CANA DIGESTOR (%)	DEXTRANA (mg/L na Base BRIX)	AMIDO (mg/L na Base BRIX)	BROCA (%)	% ÁLCOOL na Base BRIX)	BASTONETES PRENSA (x 10 ⁵ /mL
1	0,57	86,48	15,99	11,35	86,73	1349,56	1,40	0,22	11,23
2	0,66	85,83	15,99	12,20	66,20	215,19	7,87	0,32	2,58
3	0,58	86,47	15,96	12,97	712,42	44,70	5,24	0,33	2,34
4	1,16	85,33	15,62	12,48	1431,17	1134,45	0,93	0,56	4,35
5	0,66	86,13	16,33	12,34	655,44	2478,25	1,59	0,29	0,34
6	0,76	86,88	16,89	12,93	1216,61	622,32	1,44	0,57	6,94
7	0,91	86,66	15,92	14,76	691,48	1394,27	2,22	0,39	1,29
8	0,75	89,18	16,95	13,39	762,66	413,76	1,21	0,34	5,90
9	0,64	84,97	15,93	12,62	75,43	133,23	1,44	0,42	2,73
10	0,73	84,25	15,26	12,25	321,78	44,70	0,68	0,30	5,88
11	0,81	86,13	15,89	11,29	638,41	299,58	1,59	0,26	5,76
12	0,79	85,83	15,25	12,59	851,45	44,70	0,83	0,28	2,98
13	0,65	85,74	15,31	12,74	742,33	2478,25	3,39	0,49	6,76
14	0,84	86,66	16,52	11,70	799,92	657,60	1,53	0,28	1,38
15	0,57	87,43	15,89	13,21	774,13	287,73	2,33	0,25	7,83
16	0,59	87,26	15,44	13,39	54,96	433,45	1,35	0,39	6,27
17	0,64	87,22	16,22	12,17	559,74	2478,25	2,77	0,25	0,48
18	0,58	87,16	16,94	13,82	224,12	44,70	0,69	0,23	2,49
19	0,58	86,66	16,29	14,24	59,47	123,63	0,73	0,32	0,32
20	0,67	85,62	16,19	14,23	875,59	44,70	6,96	0,36	3,75
21	0,69	88,78	16,44	12,52	783,47	833,56	1,66	0,29	1,84
22	0,86	85,51	16,72	12,52	562,90	2478,25	1,19	0,22	6,66
23	0,83	84,84	16,25	12,00	814,38	1423,59	35,65	0,36	1,57
24	1,54	86,14	15,54	12,89	1877,78	2478,25	2,88	0,51	7,91
25	0,77	88,51	15,71	11,90	1571,85	133,23	3,93	0,43	6,67
26	0,71	86,63	16,49	2,00	594,18	44,70	1,45	0,44	0,22
27	0,79	85,52	15,91	11,47	955,15	43,38	3,87	0,66	1,94
28	0,95	86,43	15,84	13,62	1375,13	639,60	0,48	1,00	7,21
29	0,84	86,57	15,68	12,59	82,37	1423,59	2,80	0,81	4,60

MOSTO			VINHO BRUTO	RENDIMENTOS	AN. COMPLEMENTARES		
DMU	IMPUREZAS (%)	PUREZA (%)	BASTONETES (x 10 ⁵ /mL)	PRODUTIVIDADE CANA (T/ha)	POL CANA DIGESTOR (%)	POL CANA PRENSA (%)	FIBRA NA CANA (%)
1	0,15	87,87	288,53	111,78	14,40	14,42	11,85
2	0,42	76,68	39,75	0,57	14,57	14,54	12,61
3	0,30	76,68	239,63	1,26	14,56	14,74	12,48
4	0,19	73,38	11,68	88,59	14,51	13,99	13,58
5	0,20	7,35	0,56	15,63	14,93	14,75	12,54
6	0,36	79,79	2,85	0,57	14,74	14,69	12,83
7	0,23	73,38	71,77	25,73	14,39	14,70	12,48
8	0,15	66,26	359,93	52,36	15,87	15,20	12,39
9	0,26	89,13	6,64	1,18	14,62	14,36	12,94
10	0,24	72,92	1,26	6,82	13,91	14,29	12,75
11	0,37	65,49	342,26	92,58	14,43	14,32	11,88
12	0,25	7,95	167,83	83,54	14,88	14,94	12,33
13	0,14	65,37	2,91	3,34	14,45	14,34	12,67
14	0,17	69,57	272,52	58,34	14,87	15,31	12,85
15	0,29	76,68	22,19	0,32	14,56	14,57	13,24
16	0,11	77,54	13,93	18,20	14,19	14,17	13,43
17	0,20	9,19	2,23	3,34	14,72	14,71	12,96
18	0,38	76,68	1,24	111,84	15,64	15,69	13,26
19	0,25	68,89	4,23	3,34	14,92	14,89	12,74
20	0,48	76,68	0,65	82,42	14,75	14,70	13,66
21	0,55	56,49	75,52	83,54	15,17	15,16	13,24
22	1,68	76,68	149,26	111,84	15,24	14,43	44,21
23	0,19	23,66	0,69	3,34	14,77	14,38	12,50
24	0,32	51,19	1,49	81,32	13,96	14,86	13,59
25	0,25	59,98	49,37	52,36	14,17	14,34	12,35
26	0,12	76,68	129,35	0,57	15,14	15,66	12,12
27	0,17	59,98	142,78	3,34	14,33	14,33	11,47
28	0,19	76,68	133,64	111,84	14,21	14,53	12,68
29	0,14	96,49	441,29	3,34	13,78	14,66	12,75

INFORMAÇÕES GERAIS								
DMU	SAFRA	ATR TOTAL (ton)	CANA MOÍDA (ton)	ETANOL (m³)	AÇÚCAR (ton)	Campo+Industria (θ_g)	Industria (θ_i)	Influência do Campo (θ_c)
30	2007/2008	507.747,00	3.681.114,26	101.507,95	6.402.420,06	86,43	89,09	-2,66
31	2007/2008	255.176,58	1.757.941,71	40.978,63	3.601.156,00	98,95	92,53	6,42
32	2007/2008	501.231,46	3.418.424,00	100.502,13	6.374.298,00	91,8	89,58	2,22
33	2007/2008	195.824,49	1.404.576,17	81.133,90	1.230.658,00	44,33	43,79	0,54
34	2007/2008	644.187,05	4.538.707,02	200.441,42	6.000.413,00	70,46	69,19	1,27
35	2007/2008	382.728,68	2.586.816,80	81.841,67	4.664.350,00	85,76	80,08	5,68
36	2007/2008	265.956,48	1.876.679,00	71.470,30	2.965.542,00	75,99	72,97	3,02
37	2007/2008	390.886,33	2.541.083,00	111.893,81	4.146.452,00	77,65	70,12	7,53
38	2007/2008	170.653,93	1.165.100,44	37.283,80	1.916.677,64	89,81	81,9	7,91
39	2007/2008	192.959,43	1.394.962,76	59.998,91	1.788.385,00	65,01	64,86	0,15
40	2007/2008	217.529,14	1.498.822,74	62.322,80	2.042.741,00	67,42	63,49	3,93
41	2007/2008	180.128,69	1.263.529,50	51.653,03	1.909.195,10	79,61	75,84	3,77
42	2007/2008	375.121,96	2.537.219,32	135.940,65	2.730.359,00	51,22	47,56	3,66
43	2007/2008	266.372,24	1.906.447,28	72.675,82	2.652.643,00	66,84	65,17	1,67
44	2007/2008	803.316,49	5.717.162,94	229.891,08	7.699.067,44	76,69	73,99	2,7
45	2007/2008	374.469,31	2.603.023,34	131.523,89	3.049.057,00	55,71	53,17	2,54
46	2007/2008	160.492,56	1.192.529,13	50.139,44	1.659.528,00	75,17	77,19	-2,02
47	2007/2008	497.060,44	3.878.452,58	203.595,31	3.745.351,00	48,89	52,98	-4,09
48	2007/2008	895.170,46	6.815.821,00	290.126,10	9.639.592,00	84,12	84,51	-0,39
49	2007/2008	608.018,94	4.132.634,00	167.691,60	6.915.497,00	86,54	83,53	3,01
50	2007/2008	574.014,79	3.989.362,00	159.918,37	6.258.012,00	80,17	79,13	1,04
51	2007/2008	324.589,38	2.311.006,00	118.122,64	2.741.022,00	56,6	54,81	1,79
52	2007/2008	213.348,05	1.475.100,23	55.680,77	2.079.738,00	70,11	66,25	3,86
53	2007/2008	470.391,84	3.376.219,90	152.647,06	4.128.572,40	60,12	60,9	-0,78
54	2007/2008	286.236,38	2.042.108,78	104.796,85	2.330.149,00	54,66	53,11	1,55
55	2007/2008	225.546,02	1.564.744,10	72.950,38	2.062.189,00	64,57	61,25	3,32
56	2007/2008	446.952,02	3.230.129,38	123.773,64	4.823.210,00	72,99	73,93	-0,94
57	2007/2008	721.569,82	5.003.431,15	184.768,91	7.784.667,00	85,39	81,81	3,58
58	2007/2008	648.422,87	4.551.826,57	189.908,94	6.863.209,00	80,43	78,72	1,71
59	2007/2008	165.056,96	1.152.974,00	55.166,61	1.299.803,00	61,86	58,15	3,71

CANA AMBIENTE						
DMU	CHUVA (mm/semana)	%CANA PICADA ENTREGUE	TEMPO DE ENTREGA DA CANA (horas)	TEMPERAT. MÁX AMBIENTE	TEMPERAT. MÍN AMBIENTE	UMIDADE RELATIVA DO AR
30	1,61	78,49	21,19	3,29	14,48	64,73
31	18,19	26,99	6,42	32,15	14,89	6,13
32	16,64	2,26	58,49	3,54	15,39	64,38
33	15,88	94,11	3,15	33,65	18,37	52,65
34	17,32	48,34	3,15	33,18	19,25	49,19
35	16,14	71,14	74,00	29,71	17,80	45,47
36	44,00	8,56	55,28	28,37	18,27	58,90
37	26,32	9,22	6,48	36,29	18,12	43,62
38	14,92	0,35	17,83	24,97	17,99	54,27
39	13,97	0,32	4,68	33,87	16,43	56,95
40	23,53	8,73	58,31	26,76	16,57	54,12
41	11,45	0,20	8,88	29,73	15,16	36,77
42	12,64	18,87	39,43	33,18	16,73	58,47
43	2,79	39,15	46,21	32,70	17,66	53,46
44	15,16	47,59	3,34	29,32	16,70	58,85
45	14,29	9,67	9,16	29,41	17,35	38,34
46	13,35	85,53	25,17	26,89	17,87	56,56
47	28,37	9,77	3,15	28,29	13,56	51,32
48	59,67	2,26	4,68	27,20	17,57	81,44
49	52,53	26,99	74,00	29,33	16,49	92,46
50	19,17	2,26	4,68	33,35	13,40	56,00
51	36,51	81,69	4,68	32,24	2,27	31,15
52	22,71	8,73	74,00	27,93	15,40	57,29
53	3,93	1,00	23,47	29,85	12,52	44,18
54	39,85	56,33	8,66	31,13	14,76	62,69
55	15,46	87,29	38,33	32,24	17,35	51,72
56	5,82	1,00	61,27	28,64	16,16	64,49
57	48,87	59,40	21,19	29,32	21,68	66,39
58	9,77	95,53	25,98	3,42	17,27	58,13
59	16,97	53,87	52,42	24,95	16,37	67,71

ASPECTOS DA CANA									
DMU	AR CANA ANALISADO (%)	PUREZA PRENSA (%)	ART CANA DIGESTOR (%)	FIBRA CANA DIGESTOR (%)	DEXTRANA (mg/L na Base BRIX)	AMIDO (mg/L na Base BRIX)	BROCA (%)	% ÁLCOOL na Base BRIX)	BASTONETES PRENSA (x 10 ⁵ /mL)
30	0,59	85,72	15,30	11,60	728,98	71,52	0,48	0,28	3,89
31	0,64	85,32	16,94	12,19	691,86	358,23	7,13	0,28	9,19
32	0,66	86,47	16,18	12,92	82,86	44,70	4,46	0,31	2,69
33	1,12	85,67	15,78	12,23	925,37	1345,37	1,44	0,35	2,64
34	1,26	87,45	15,67	12,69	987,51	1368,92	0,91	0,59	4,19
35	0,73	87,77	16,49	13,84	675,53	1184,26	7,14	0,35	8,74
36	0,60	86,15	15,67	12,89	914,32	1983,97	5,83	0,35	1,22
37	0,77	87,37	16,95	13,50	541,78	2,95	2,76	0,37	7,33
38	0,90	86,91	15,67	12,47	47,24	1618,33	1,36	0,48	2,41
39	0,94	85,65	15,30	13,75	589,43	1359,41	1,12	0,37	2,19
40	0,77	88,30	15,82	13,67	972,55	1868,58	2,64	0,33	4,48
41	0,57	85,98	15,87	12,82	664,96	44,70	0,24	0,41	1,97
42	0,66	86,81	15,84	12,00	363,68	339,20	1,25	0,41	5,82
43	0,90	86,42	15,67	11,68	861,25	284,00	1,50	0,35	5,16
44	0,60	85,77	15,12	13,12	64,84	1193,96	16,63	0,51	7,54
45	0,68	87,12	15,84	12,75	941,85	155,53	3,32	0,28	14,26
46	0,56	87,64	15,38	13,27	653,69	1,16	1,77	0,28	8,27
47	0,79	86,87	14,15	13,39	459,50	537,83	3,49	0,29	4,84
48	0,63	86,82	15,38	13,75	934,94	2478,25	4,27	0,37	0,16
49	0,56	86,78	16,90	13,46	472,95	2478,25	0,95	0,32	2,78
50	0,63	86,75	15,83	14,97	712,92	391,11	0,68	0,37	0,93
51	0,72	84,72	15,72	14,68	65,29	44,70	7,73	0,33	2,88
52	0,68	86,34	16,29	13,28	723,57	129,63	2,87	0,33	4,48
53	0,73	86,21	15,27	13,12	4,89	358,23	1,74	0,29	3,58
54	0,87	84,49	16,12	11,87	626,68	225,80	35,65	0,36	4,90
55	0,86	87,80	15,88	12,22	67,79	1349,56	19,96	0,31	1,49
56	0,71	87,43	15,12	11,52	581,15	192,23	3,67	0,42	4,39
57	0,66	87,23	15,73	11,82	657,34	765,79	1,62	0,44	0,22
58	0,83	86,95	15,99	11,47	64,95	0,92	4,35	0,52	2,13
59	0,55	84,62	16,30	11,42	77,39	197,10	1,77	0,18	1,60

	MOSTO		VINHO BRUTO	RENDIMENTOS	AN. COMPLEMENTARES		
DMU	IMPUREZAS (%)	PUREZA (%)	BASTONETES (x 10 ⁵ /mL)	PRODUTIVIDADE CANA (T/ha)	POL CANA DIGESTOR (%)	POL CANA PRENSA (%)	FIBRA NA CANA (%)
30	0,76	79,70	142,26	1,26	13,76	13,92	12,16
31	0,42	82,15	181,39	0,57	14,63	14,69	12,82
32	0,21	69,55	232,13	12,53	14,56	14,86	12,82
33	0,21	64,27	3,35	89,43	14,53	14,46	13,62
34	0,19	66,88	19,16	63,55	13,98	14,38	13,27
35	0,22	78,13	683,76	52,53	14,82	15,57	13,63
36	0,32	7,35	0,85	111,84	14,33	14,34	12,72
37	0,26	76,68	4,89	81,70	15,59	15,55	12,86
38	0,16	7,11	5,58	69,74	14,72	14,80	12,44
39	0,39	72,00	42,12	9,38	13,79	13,96	12,68
40	0,16	82,54	174,95	71,69	14,47	14,75	12,35
41	0,21	65,37	124,68	0,57	14,68	14,42	13,37
42	0,23	17,80	31,70	18,20	14,61	14,99	12,79
43	0,46	89,22	534,84	0,57	14,22	14,12	12,62
44	0,17	79,75	16,83	0,57	13,95	14,18	13,13
45	0,18	58,15	8,75	15,63	14,36	14,63	13,83
46	0,24	76,68	12,47	74,34	14,93	13,63	12,83
47	0,12	72,97	1,22	1,18	12,69	12,93	13,40
48	0,15	76,68	2,92	3,34	13,90	14,23	13,30
49	0,46	77,21	1,55	12,30	14,53	14,92	12,84
50	0,53	69,45	1,85	12,30	14,55	14,58	13,23
51	0,26	58,15	0,85	89,43	14,27	14,17	13,39
52	0,34	68,99	131,75	3,34	14,64	14,65	13,25
53	0,34	61,74	152,74	12,30	13,94	14,66	12,92
54	0,17	55,27	5,17	3,34	14,82	14,33	12,55
55	0,23	59,98	3,82	45,54	14,52	14,63	12,86
56	0,28	82,15	152,85	94,94	13,57	13,94	11,98
57	0,11	9,19	91,13	74,14	14,45	14,55	12,67
58	0,23	72,97	16,96	12,30	14,52	14,40	11,53
59	0,24	68,76	574,74	0,57	14,68	14,49	11,74

INFORMAÇÕES GERAIS								
DMU	SAFRA	ATR TOTAL (ton)	CANA MOÍDA (ton)	ETANOL (m³)	AÇÚCAR (ton)	Campo+Industria (θ_g)	Industria (θ_i)	Influência do Campo (θ_c)
60	2007/2008	579.393,08	4.005.531,59	200.210,00	4.531.175,97	57,9	56,88	1,02
61	2007/2008	196.330,06	1.455.015,28	60.608,25	1.760.522,54	60,45	62,42	-1,97
62	2007/2008	157.110,70	1.142.364,22	43.756,20	1.499.274,75	72,33	71,85	0,48
63	2008/2009	181.106,85	1.359.419,00	40.512,27	1.808.580,00	68,1	71,32	-3,22
64	2008/2009	643.468,33	4.751.584,02	160.342,36	7.076.350,50	80,49	81,67	-1,18
65	2008/2009	284.340,29	2.011.035,34	54.140,52	3.779.702,00	90,07	86,72	3,35
66	2008/2009	501.993,02	3.529.660,00	101.122,71	6.364.517,00	89,12	89,34	-0,22
67	2008/2009	243.968,53	1.870.247,00	86.818,86	2.076.366,00	53,41	55,94	-2,53
68	2008/2009	280.233,35	2.016.547,12	101.722,94	2.242.160,00	53,29	52,25	1,04
69	2008/2009	210.090,25	1.585.375,83	81.324,05	1.641.582,00	50,63	53,34	-2,71
70	2008/2009	209.693,58	1.506.790,54	79.947,73	1.481.964,00	48,58	48,27	0,31
71	2008/2009	647.009,73	4.608.925,82	216.731,69	5.449.096,00	63,32	62,61	0,71
72	2008/2009	185.794,08	1.353.937,56	77.812,94	1.126.428,00	42,67	42,95	-0,28
73	2008/2009	284.349,82	2.076.544,00	78.952,46	2.989.616,40	68,92	68,6	0,32
74	2008/2009	194.295,84	1.362.005,02	44.255,10	2.130.799,56	80,02	76,57	3,45
75	2008/2009	212.788,49	1.549.632,77	72.166,34	1.884.381,00	59,68	60,24	-0,56
76	2008/2009	168.751,43	1.266.096,98	62.680,47	1.270.891,32	52,85	55,16	-2,31
77	2008/2009	162.689,61	1.168.221,06	46.967,44	1.705.726,65	79,62	77,85	1,77
78	2008/2009	359.146,41	2.600.409,60	143.317,43	2.283.308,00	41,77	41,12	0,65
79	2008/2009	767.107,67	5.586.120,00	240.937,39	6.561.258,00	66,48	65,54	0,94
80	2008/2009	793.645,70	5.922.996,99	238.474,96	7.161.372,00	69,49	69,53	-0,04
81	2008/2009	443.536,61	3.085.700,17	158.823,00	3.445.664,00	54,26	53,12	1,14
82	2008/2009	174.897,05	1.269.268,76	55.948,81	1.625.880,00	67,37	67,2	0,17
83	2008/2009	541.778,32	4.006.495,27	215.823,67	3.955.149,00	50,53	52,34	-1,81
84	2008/2009	975.397,16	7.378.408,00	310.078,64	9.824.998,00	83,85	83,85	0
85	2008/2009	668.320,22	4.785.972,00	187.816,18	7.428.249,46	84,07	83,13	0,94
86	2008/2009	576.310,97	4.181.868,00	158.796,16	6.234.106,00	77,4	78,58	-1,18
87	2008/2009	330.599,57	2.507.867,00	119.991,58	2.998.363,00	56,92	58,82	-1,9
88	2008/2009	521.400,31	3.808.272,00	164.938,95	4.638.153,00	61,26	63,24	-1,98
89	2008/2009	227.465,65	1.623.560,48	71.413,96	2.267.212,00	68,02	66,62	1,4

CANA AMBIENTE						
DMU	CHUVA (mm/semana)	%CANA PICADA ENTREGUE	TEMPO DE ENTREGA DA CANA (horas)	TEMPERAT. MÁX AMBIENTE	TEMPERAT. MÍN AMBIENTE	UMIDADE RELATIVA DO AR
60	23,85	96,49	4,68	31,59	16,88	6,19
61	18,33	99,99	72,93	29,92	14,59	65,37
62	16,23	73,62	21,96	32,54	16,12	57,35
63	24,14	35,80	74,00	24,47	17,60	67,29
64	14,97	84,66	19,59	3,16	14,71	66,21
65	12,66	39,17	74,00	31,79	15,14	66,37
66	21,16	28,54	71,62	29,94	15,58	66,84
67	23,00	52,48	4,68	3,29	15,58	65,62
68	13,87	53,52	78,64	3,54	2,40	52,18
69	11,48	44,11	72,93	33,93	18,33	47,46
70	13,69	99,19	4,68	32,89	18,68	5,67
71	13,29	99,19	46,74	31,85	18,29	54,93
72	11,73	32,22	14,72	33,28	19,68	51,95
73	6,25	51,77	73,59	29,39	15,54	49,62
74	18,56	44,11	13,60	23,56	16,63	51,60
75	16,57	33,81	14,55	32,16	17,34	49,77
76	25,91	16,66	67,88	27,73	18,51	58,13
77	8,60	3,63	4,86	29,12	14,10	47,63
78	13,87	32,48	73,00	3,69	16,15	62,14
79	9,72	48,34	24,95	25,68	18,38	63,87
80	21,17	53,47	48,46	28,73	16,33	63,21
81	9,56	84,37	43,11	28,68	17,47	59,69
82	12,18	73,62	29,68	29,74	2,64	53,86
83	8,74	87,41	32,81	28,25	16,43	57,32
84	14,74	2,26	4,68	25,23	15,42	92,46
85	6,59	38,54	73,59	29,37	18,19	74,51
86	11,85	37,15	18,19	29,42	2,85	62,53
87	9,00	39,15	23,68	32,58	17,94	32,98
88	33,95	8,73	74,00	23,61	15,53	73,43
89	13,19	8,56	4,68	33,67	17,45	46,12

ASPECTOS DA CANA									
DMU	AR CANA ANALISADO (%)	PUREZA PRENSA (%)	ART CANA DIGESTOR (%)	FIBRA CANA DIGESTOR (%)	DEXTRANA (mg/L na Base BRIX)	AMIDO (mg/L na Base BRIX)	BROCA (%)	% ÁLCOOL na Base BRIX)	BASTONETES PRENSA (x 10 ⁵ /mL
60	0,74	87,24	15,88	13,56	42,66	622,32	526,36	3,16	0,74
61	0,79	87,14	15,37	12,99	842,72	2478,25	1,33	0,81	3,92
62	0,77	84,67	15,35	13,75	684,90	967,36	14,35	0,18	5,68
63	0,53	8,58	14,78	11,72	133,00	44,70	1,95	0,80	9,34
64	0,62	84,95	15,24	11,52	725,39	14,63	0,88	0,28	2,77
65	0,58	81,23	15,65	12,43	75,45	396,37	5,87	0,35	2,46
66	0,64	86,76	15,46	12,88	13,24	463,97	2,95	0,48	2,99
67	0,79	84,72	14,56	12,69	1488,48	369,85	5,37	0,45	2,15
68	1,23	85,19	15,75	12,22	1494,68	1234,84	12,10	0,34	3,13
69	1,72	83,22	15,00	12,73	1123,13	1134,45	2,37	0,52	7,63
70	1,11	84,87	15,19	12,16	144,16	1357,23	4,35	0,28	3,25
71	1,34	86,83	15,22	12,80	882,98	1145,94	3,22	0,56	9,85
72	0,94	85,94	15,49	12,61	122,55	1342,44	0,47	0,49	8,43
73	0,62	85,95	15,19	13,37	157,12	123,63	3,85	0,38	2,45
74	0,84	87,67	15,21	12,39	572,36	1361,29	0,27	0,30	5,12
75	0,92	84,86	15,16	13,67	141,89	1326,79	5,65	0,42	1,12
76	0,91	87,18	14,72	13,37	237,43	1474,91	4,43	0,57	3,73
77	0,89	85,84	15,47	12,52	755,38	0,92	0,50	0,51	2,30
78	0,68	85,00	14,90	12,17	467,24	472,29	2,45	0,45	6,83
79	0,79	85,71	14,68	12,28	769,90	252,32	4,35	0,23	2,13
80	0,72	85,13	14,82	12,77	42,66	144,28	2,95	0,43	5,50
81	0,73	87,42	15,80	11,73	693,14	129,31	0,88	0,27	47,16
82	0,68	86,94	15,12	12,92	745,94	829,13	2,55	0,33	4,22
83	0,77	87,77	14,96	13,45	52,63	758,38	2,35	0,35	7,53
84	0,65	85,63	14,89	13,14	82,29	1317,64	2,41	0,38	0,13
85	0,62	84,65	15,48	13,28	593,63	1429,63	2,82	0,59	2,52
86	0,67	86,65	14,50	14,74	575,83	1836,12	0,43	0,32	1,66
87	0,69	84,59	15,28	13,43	848,17	1538,95	2,91	0,29	3,62
88	0,75	86,67	15,52	13,24	425,17	131,62	1,84	0,33	2,84
89	1,13	85,77	15,59	12,16	831,75	1353,98	2,58	0,38	1,26

MOSTO			VINHO BRUTO	RENDIMENTOS	AN. COMPLEMENTARES		
DMU	IMPUREZAS (%)	PUREZA (%)	BASTONETES (x 10 ⁵ /mL)	PRODUTIVIDADE CANA (T/ha)	POL CANA DIGESTOR (%)	POL CANA PRENSA (%)	FIBRA NA CANA (%)
60	0,55	18,89	33,82	114,39	139,00	14,39	14,67
61	0,15	79,70	23,33	3,34	13,41	13,65	13,48
62	0,24	81,39	47,67	71,69	13,75	13,86	13,42
63	0,15	68,45	174,97	81,32	13,47	13,50	12,75
64	0,31	62,61	191,14	93,84	13,65	13,64	12,13
65	0,44	87,87	138,75	68,90	14,29	14,20	12,83
66	0,26	63,98	411,74	85,93	14,13	14,38	12,55
67	0,18	7,35	91,75	8,53	13,28	12,72	88,13
68	0,17	69,45	3,85	18,20	13,87	14,17	12,88
69	0,25	7,95	19,92	9,38	13,25	13,29	13,44
70	0,28	7,99	1,46	88,96	13,88	14,33	13,18
71	0,19	69,55	32,40	78,75	13,89	14,21	12,85
72	0,29	73,30	153,59	91,83	13,86	13,86	13,39
73	0,28	84,96	0,32	72,93	13,78	13,83	12,64
74	0,11	72,74	5,36	86,99	14,43	14,45	12,43
75	0,19	73,66	252,63	96,35	13,63	13,83	12,69
76	0,14	71,11	96,35	89,85	12,99	13,47	12,86
77	0,22	61,32	32,91	28,97	14,41	14,22	12,94
78	0,33	77,57	52,37	18,36	13,58	13,93	12,78
79	0,21	75,10	46,47	78,87	13,73	13,85	12,39
80	0,20	69,57	9,81	83,67	13,47	13,37	12,64
81	0,19	78,13	176,00	12,53	14,35	14,60	12,12
82	0,37	68,99	1,89	91,83	13,71	13,87	13,11
83	0,15	59,75	12,51	1,26	13,49	13,70	13,49
84	0,14	87,87	1,80	3,34	12,92	13,39	12,77
85	0,44	83,90	4,58	25,73	14,17	14,59	12,43
86	0,46	85,82	1,38	3,34	13,66	13,92	12,51
87	0,32	82,14	0,50	1,18	13,65	13,73	12,40
88	0,39	59,50	82,19	9,38	13,64	13,70	13,53
89	0,25	66,37	5,27	85,19	14,12	14,15	12,89

INFORMAÇÕES GERAIS								
DMU	SAFRA	ATR TOTAL (ton)	CANA MOÍDA (ton)	ETANOL (m³)	AÇÚCAR (ton)	Campo+Industria (θ_g)	Industria (θ_i)	Influência do Campo (θ_c)
90	2008/2009	463.640,31	3.441.117,98	135.633,23	4.892.331,00	70,06	72,96	-2,9
91	2008/2009	863.229,80	6.103.405,56	265.166,31	8.466.346,00	80,33	76,56	3,77
92	2008/2009	478.787,76	3.379.970,98	182.694,95	2.697.467,56	39,25	39,27	-0,02
93	2008/2009	180.838,26	1.362.066,51	61.661,09	1.415.571,00	53,17	55,94	-2,77
94	2008/2009	575.797,50	4.039.739,22	212.561,75	4.300.209,42	54,64	54,25	0,39
95	2008/2009	208.731,58	1.597.772,24	74.609,96	1.631.367,95	49,86	53,45	-3,59
96	2008/2009	340.027,59	2.353.597,46	79.586,82	3.666.003,66	74,28	69,84	4,44
97	2008/2009	152.082,34	1.011.427,28	37.370,88	1.575.319,82	91,51	79,06	12,45
98	2009/2010	646.739,82	5.092.657,34	132.634,94	8.428.844,07	91,29	96,88	-5,59
99	2009/2010	459.404,55	3.378.733,00	88.730,22	5.770.554,00	83,96	86,64	-2,68
100	2009/2010	281.077,07	2.261.776,00	72.913,11	3.159.518,00	66,7	73,38	-6,68
101	2009/2010	205.748,03	1.705.488,78	66.678,88	1.862.083,00	52,86	62,14	-9,28
102	2009/2010	259.691,42	2.046.244,76	82.243,50	2.563.058,00	60	64,67	-4,67
103	2009/2010	204.590,63	1.584.089,81	2.457,91	2.031.523,00	62,7	68,27	-5,57
104	2009/2010	180.975,40	1.449.116,10	63.411,82	1.488.177,00	51,39	58,75	-7,36
105	2009/2010	575.940,25	4.522.232,71	179.668,68	5.366.706,00	63,18	67,69	-4,51
106	2009/2010	195.406,14	1.556.670,60	62.862,88	1.821.550,00	57,38	64,98	-7,6
107	2009/2010	193.816,50	1.689.264,42	65.445,76	1.620.045,66	46,47	58,42	-11,95
108	2009/2010	138.271,50	1.052.428,00	37.170,64	1.568.533,80	85,64	90,45	-4,81
109	2009/2010	313.445,30	2.386.529,93	107.951,22	2.464.529,00	49,23	51,1	-1,87
110	2009/2010	568.332,56	4.286.390,82	152.711,98	5.355.340,85	65,39	68,25	-2,86
111	2009/2010	737.115,33	5.835.301,85	200.229,38	7.770.397,00	76,24	80,23	-3,99
112	2009/2010	410.060,11	3.067.147,59	136.575,40	3.330.040,00	52,71	54,39	-1,68
113	2009/2010	214.354,91	1.578.878,98	81.319,92	1.427.477,00	44,24	45,22	-0,98
114	2009/2010	152.837,30	1.217.493,61	45.767,29	1.491.884,00	65,59	74,35	-8,76
115	2009/2010	520.269,81	4.101.534,91	162.048,49	5.072.888,00	63,8	69,28	-5,48
116	2009/2010	464.018,97	3.605.885,36	108.814,50	4.561.838,38	62,7	67,98	-5,28
117	2009/2010	362.310,41	2.818.809,64	135.755,97	2.831.734,00	48,19	50,55	-2,36
118	2009/2010	214.528,97	1.622.298,22	62.075,75	2.314.227,00	69,49	73,21	-3,72
119	2009/2010	455.187,21	3.551.631,53	128.651,29	5.024.637,00	69,98	75,97	-5,99
120	2009/2010	669.588,34	4.908.472,32	152.040,01	7.336.575,00	81,57	81,98	-0,41

CANA AMBIENTE						
DMU	CHUVA (mm/semana)	%CANA PICADA ENTREGUE	TEMPO DE ENTREGA DA CANA (horas)	TEMPERAT. MÁX AMBIENTE	TEMPERAT. MÍN AMBIENTE	UMIDADE RELATIVA DO AR
90	8,24	68,64	5,88	27,85	16,53	66,55
91	6,49	58,25	25,70	29,46	18,46	58,46
92	6,19	42,35	55,28	29,95	16,40	59,36
93	34,86	37,15	61,27	28,19	15,17	74,16
94	2,82	79,12	74,00	29,33	14,75	68,56
95	33,67	98,46	74,58	26,46	15,32	71,20
96	1,68	83,67	152,52	3,24	15,62	62,98
97	21,38	74,75	14,82	31,46	17,46	66,88
98	22,62	89,65	24,57	29,57	15,91	68,26
99	46,67	4,83	65,83	29,84	16,42	71,38
100	37,74	77,91	53,86	29,83	16,28	7,37
101	2,71	72,59	55,93	29,93	24,20	59,00
102	25,85	71,14	23,75	32,50	18,26	57,77
103	24,39	55,34	39,81	34,52	18,72	44,46
104	23,68	84,72	14,48	33,47	18,86	56,60
105	23,64	64,13	34,60	31,54	18,75	68,13
106	25,56	85,37	18,28	33,63	21,33	6,39
107	37,86	28,88	9,46	27,33	19,73	68,76
108	26,81	4,30	44,57	29,42	16,33	74,53
109	24,40	38,54	37,69	3,56	16,45	59,15
110	15,82	53,82	46,77	21,48	2,12	71,17
111	1,65	59,74	48,36	29,56	2,24	69,55
112	33,67	32,22	45,14	27,48	16,88	64,23
113	16,17	68,98	7,79	29,29	18,59	58,28
114	29,87	81,63	44,94	26,16	18,23	61,17
115	3,79	88,15	8,95	28,24	17,22	61,58
116	22,56	53,52	23,95	24,16	11,68	74,43
117	42,29	79,41	74,00	29,86	15,97	71,75
118	35,24	7,40	22,15	33,89	17,57	48,62
119	11,74	84,82	33,60	27,48	16,69	71,98
120	25,76	68,56	24,95	33,00	24,35	48,90

ASPECTOS DA CANA									
DMU	AR CANA ANALISADO (%)	PUREZA PRENSA (%)	ART CANA DIGESTOR (%)	FIBRA CANA DIGESTOR (%)	DEXTRANA (mg/L na Base BRIX)	AMIDO (mg/L na Base BRIX)	BROCA (%)	% ÁLCOOL na Base BRIX)	BASTONETES PRENSA (x 10 ⁵ /mL
90	0,67	87,82	14,74	11,96	1188,46	833,56	2,34	0,44	28,74
91	0,68	86,47	15,82	11,69	593,16	956,12	8,37	0,36	2,77
92	1,16	85,42	15,69	12,53	1249,22	797,92	2,24	0,36	39,20
93	0,56	83,75	14,63	11,55	894,47	187,78	1,27	0,24	1,24
94	0,74	87,39	15,79	12,89	735,56	532,87	1,48	0,76	2,48
95	2,86	86,18	14,62	3,44	1581,38	484,79	1,82	0,11	9,72
96	0,96	85,43	15,87	13,21	64,84	54,84	4,98	0,41	6,66
97	0,82	84,68	16,56	14,19	194,76	36,69	2,54	0,36	2,14
98	0,66	85,15	14,15	11,58	121,83	1534,48	0,88	0,37	2,52
99	0,76	84,89	14,81	13,83	1927,50	433,45	2,64	0,48	2,55
100	0,76	84,26	13,75	13,96	157,72	312,29	5,67	0,41	11,75
101	0,89	83,29	13,87	11,45	911,45	855,20	17,00	0,36	9,67
102	1,17	85,34	13,78	11,59	151,14	1178,56	0,32	0,37	1,97
103	0,87	84,39	14,25	11,89	1829,68	1291,36	2,58	0,42	4,27
104	1,29	84,37	13,66	12,94	1115,82	1548,11	7,69	0,35	6,13
105	1,13	85,79	13,83	13,98	1397,49	124,19	5,31	0,57	14,76
106	0,95	84,92	13,81	13,63	194,23	1579,15	6,28	0,32	13,19
107	1,24	82,46	13,19	14,43	3191,89	131,62	3,39	0,57	3,54
108	0,76	84,85	14,72	13,23	9,39	2478,25	3,37	0,57	2,89
109	0,59	85,54	14,49	11,96	922,61	43,38	1,96	0,39	6,46
110	0,74	84,63	14,69	12,76	956,22	2,95	2,99	0,22	2,69
111	0,82	84,77	14,49	12,80	647,52	537,83	2,34	0,41	6,82
112	0,93	86,43	14,56	11,93	14,35	117,74	0,39	0,39	36,83
113	0,87	83,72	15,52	12,54	965,18	438,15	4,59	0,27	8,87
114	0,69	84,39	13,82	13,23	818,80	536,59	1,30	0,33	25,78
115	0,83	86,49	13,93	13,46	595,65	438,17	1,86	0,31	7,53
116	0,82	85,86	14,12	13,39	735,86	748,82	4,45	0,44	3,92
117	0,89	84,56	14,75	11,96	632,79	299,56	0,54	0,27	7,36
118	0,91	86,11	14,55	12,28	1122,19	1359,41	3,22	0,34	8,65
119	0,70	87,87	14,12	12,00	1412,85	1232,94	2,37	0,47	49,49
120	0,67	87,53	14,55	11,57	899,22	629,63	0,76	0,45	0,31

MOSTO			VINHO BRUTO	RENDIMENTOS	AN. COMPLEMENTARES		
DMU	IMPUREZAS (%)	PUREZA (%)	BASTONETES (x 10 ⁵ /mL)	PRODUTIVIDADE CANA (T/ha)	POL CANA DIGESTOR (%)	POL CANA PRENSA (%)	FIBRA NA CANA (%)
90	0,22	72,27	8,11	93,27	13,28	13,63	11,73
91	0,26	71,97	224,38	96,26	14,42	14,29	11,70
92	0,47	7,60	65,41	78,36	14,26	14,43	12,74
93	0,25	9,19	298,80	75,00	13,35	13,29	12,12
94	0,12	96,49	189,89	94,33	14,33	14,44	12,72
95	0,14	76,68	94,61	63,42	13,12	13,57	12,87
96	0,18	89,13	79,51	3,34	14,18	14,56	12,97
97	0,29	89,22	11,12	1,18	14,99	15,25	13,23
98	0,55	56,49	177,70	14,94	12,68	12,76	12,43
99	0,19	59,98	265,94	79,52	13,42	13,68	12,48
100	0,24	65,37	188,68	94,94	12,29	12,62	13,27
101	0,18	72,36	154,90	83,95	12,66	12,71	12,42
102	0,17	69,90	1,75	87,93	12,52	12,75	12,49
103	0,22	69,68	15,87	89,43	12,87	12,96	12,67
104	0,22	69,82	16,98	81,85	12,12	12,52	13,55
105	0,19	66,92	16,44	77,78	12,33	12,82	13,14
106	0,49	69,51	44,77	81,27	12,39	12,56	13,50
107	0,14	68,99	37,83	97,33	11,11	11,45	13,68
108	0,20	6,77	93,38	89,85	13,44	13,20	13,36
109	0,28	77,21	63,45	28,97	13,38	13,23	12,64
110	0,21	66,88	77,40	91,42	13,33	13,34	13,50
111	0,37	68,26	41,87	94,47	12,87	12,69	13,72
112	0,22	77,54	173,98	15,63	13,49	13,45	12,25
113	0,39	74,66	52,76	94,44	13,88	13,86	12,52
114	0,24	89,00	7,37	86,23	12,49	12,58	13,25
115	0,12	89,13	12,53	86,39	12,62	12,73	13,43
116	0,21	57,73	57,56	75,11	12,65	12,78	13,19
117	0,16	74,38	5,14	12,46	13,24	13,87	12,28
118	0,28	67,13	33,63	91,32	13,26	13,33	12,42
119	0,21	7,29	76,78	16,36	12,53	12,95	12,27
120	0,16	72,97	95,30	18,36	13,21	13,77	12,30

INFORMAÇÕES GERAIS								
DMU	SAFRA	ATR TOTAL (ton)	CANA MOÍDA (ton)	ETANOL (m³)	AÇÚCAR (ton)	Campo+Industria (θ_g)	Industria (θ_i)	Influência do Campo (θ_c)
121	2009/2010	917.227,54	7.306.120,33	250.565,41	9.975.974,00	85,13	85,66	-0,53
122	2009/2010	457.930,21	3.347.468,13	152.857,61	3.369.701,00	49,44	50,72	-1,28
123	2009/2010	181.422,74	1.463.616,09	60.940,03	1.320.090,00	44,98	51,95	-6,97
124	2009/2010	512.852,78	4.117.162,00	169.896,41	4.759.307,00	59,71	65,72	-6,01
125	2009/2010	199.940,67	1.606.409,00	59.174,00	1.859.893,00	56,49	64,4	-7,91
126	2009/2010	386.981,93	3.290.851,00	82.350,83	5.005.875,00	74,53	85,26	-10,73
127	2009/2010	251.553,45	2.050.877,00	50.357,66	3.112.854,00	72,69	81,2	-8,51
128	2010/2011	166.455,35	1.222.767,57	37.485,92	1.845.781,00	80,64	81,61	-0,97
129	2010/2011	848.399,92	6.130.057,26	180.498,86	10.440.835,90	98,74	95,81	2,93
130	2010/2011	278.063,16	1.938.440,00	46.324,29	4.040.004,00	100	94,88	5,12
131	2010/2011	533.903,85	3.675.758,00	85.856,49	7.401.064,00	100	99,05	0,95
132	2010/2011	373.014,47	2.785.353,00	60.263,85	5.505.960,00	94,62	96,27	-1,65
133	2010/2011	300.254,69	2.151.592,17	99.077,72	2.828.259,00	62,86	61,32	1,54
134	2010/2011	217.289,40	1.557.630,10	69.190,29	2.035.058,00	64,06	63,35	0,71
135	2010/2011	172.080,71	1.222.074,53	62.571,59	1.310.130,00	57,3	55,36	1,94
136	2010/2011	570.708,20	4.106.537,45	185.908,06	5.109.496,00	64,21	64,91	-0,7
137	2010/2011	168.873,37	1.253.420,67	49.324,33	1.854.967,00	78,23	80,41	-2,18
138	2010/2011	295.557,13	2.511.105,58	106.969,26	2.898.282,94	54,95	63,88	-8,93
139	2010/2011	664.338,33	4.953.641,26	180.674,28	6.803.197,09	75,15	76,51	-1,36
140	2010/2011	808.866,62	5.881.383,15	222.542,10	7.062.561,00	68,89	67,48	1,41
141	2010/2011	166.074,54	1.213.108,38	52.116,61	1.611.658,00	71,22	71,49	-0,27
142	2010/2011	544.837,71	3.942.671,05	171.916,99	5.352.686,00	69,11	70,52	-1,41
143	2010/2011	483.840,85	3.509.941,76	179.025,37	3.782.391,00	53,24	54,62	-1,38
144	2010/2011	526.888,85	3.823.004,81	141.401,49	5.864.466,00	77,26	79,3	-2,04
145	2010/2011	726.197,91	5.197.895,00	177.694,94	8.136.495,00	86,85	85,06	1,79
146	2010/2011	869.345,73	6.454.954,88	232.859,68	9.998.214,00	90,94	89,87	1,07
147	2010/2011	541.753,33	3.753.582,90	165.099,85	5.321.389,00	70,94	70,42	0,52
148	2010/2011	386.355,05	2.827.038,30	72.068,35	5.323.685,00	90,34	90,78	-0,44
149	2010/2011	290.350,40	2.087.350,10	56.113,29	3.911.768,00	89,69	87,81	1,88

CANA AMBIENTE						
DMU	CHUVA (mm/semana)	%CANA PICADA ENTREGUE	TEMPO DE ENTREGA DA CANA (horas)	TEMPERAT. MÁX AMBIENTE	TEMPERAT. MÍN AMBIENTE	UMIDADE RELATIVA DO AR
121	15,67	77,14	17,23	3,51	19,17	64,56
122	7,67	53,87	69,66	3,21	14,90	66,87
123	26,34	43,84	77,26	27,67	15,69	53,95
124	42,49	76,34	23,75	28,80	16,63	71,70
125	4,53	96,49	74,00	26,77	15,82	73,49
126	37,92	81,22	5,99	30,00	17,46	7,15
127	15,75	87,29	16,97	3,19	18,40	59,69
128	26,73	83,88	16,97	25,97	19,85	54,29
129	18,50	94,11	23,47	3,12	14,83	48,26
130	15,56	54,85	71,76	31,84	13,53	71,99
131	21,33	53,15	47,35	3,33	15,12	63,53
132	14,70	82,13	34,37	3,42	14,85	62,78
133	8,88	99,58	47,88	26,68	17,51	61,58
134	8,69	81,69	25,41	31,54	18,42	47,17
135	1,65	77,15	26,35	34,80	16,95	52,10
136	17,39	78,76	21,25	32,74	17,69	58,89
137	1,57	92,19	11,20	3,78	18,41	47,24
138	15,57	77,35	14,55	31,10	2,80	58,90
139	21,13	63,63	36,51	3,10	14,87	6,22
140	9,25	77,90	72,93	28,68	15,66	59,54
141	3,52	67,13	12,70	26,68	18,45	51,56
142	9,22	74,75	8,34	29,28	16,41	58,61
143	19,50	83,79	73,59	29,37	14,82	7,90
144	2,16	91,57	21,96	29,55	13,97	64,45
145	23,79	77,31	19,40	3,37	17,42	49,90
146	99,64	11,85	92,22	4,16	3,98	18,15
147	95,37	2,23	4,68	25,52	28,72	13,58
148	97,83	9,30	4,68	44,33	31,25	18,35
149	95,77	19,19	4,68	29,68	32,90	16,95

ASPECTOS DA CANA									
DMU	AR CANA ANALISADO (%)	PUREZA PRENSA (%)	ART CANA DIGESTOR (%)	FIBRA CANA DIGESTOR (%)	DEXTRANA (mg/L na Base BRIX)	AMIDO (mg/L na Base BRIX)	BROCA (%)	% ÁLCOOL na Base BRIX)	BASTONETES PRENSA (x 10 ⁵ /mL
121	0,70	84,87	13,93	11,63	78,22	611,14	6,75	0,28	3,93
122	1,70	86,46	15,49	12,23	1329,38	225,80	11,79	0,17	17,23
123	0,76	81,68	14,81	11,72	145,60	54,29	4,35	0,27	2,67
124	0,62	84,76	13,82	13,12	1649,92	498,90	0,78	0,91	11,50
125	1,77	85,46	13,54	13,74	1764,73	459,96	1,53	0,85	15,62
126	2,65	82,70	13,15	14,33	2287,59	392,22	4,35	0,53	1,66
127	1,77	82,62	13,43	14,43	1498,65	48,12	4,19	0,44	11,26
128	0,62	88,41	14,88	12,35	971,28	2478,25	1,10	0,24	7,48
129	0,59	85,81	15,34	11,81	626,64	1298,25	3,52	0,34	4,88
130	0,66	8,98	15,94	13,14	969,27	44,70	3,17	0,18	2,84
131	0,75	85,19	15,72	12,69	976,37	44,70	3,27	0,32	2,83
132	0,78	85,44	14,75	13,24	788,40	43,38	5,65	0,26	5,75
133	1,12	84,18	15,43	12,68	11,98	1983,97	0,27	0,10	5,20
134	1,60	84,30	15,38	12,40	936,15	144,28	5,70	0,53	2,58
135	1,30	84,65	15,44	13,70	641,63	2478,25	7,75	0,42	4,63
136	112,00	86,10	15,22	13,50	121,44	2478,25	4,15	0,39	4,57
137	0,93	86,34	15,70	12,00	626,89	44,70	4,25	0,33	2,70
138	0,67	83,30	12,91	11,74	93,17	2478,25	3,39	0,23	6,21
139	0,84	84,56	14,64	13,29	12,25	2478,25	1,86	0,27	7,70
140	0,77	85,20	14,56	13,42	858,95	446,86	0,28	0,45	4,58
141	0,68	85,72	15,60	13,37	728,96	129,63	1,85	0,26	5,73
142	0,73	87,18	15,31	13,17	415,91	1645,15	3,00	0,25	4,75
143	0,94	84,65	15,75	12,13	896,19	629,63	0,89	0,29	1,46
144	0,73	87,89	15,10	12,74	1242,59	2478,25	1,12	0,36	13,30
145	0,80	87,60	15,39	12,61	165,24	2478,25	2,84	0,60	0,23
146	94,38	0,74	5,23	15,10	27,70	518,28	564,85	3,16	0,29
147	92,11	0,83	5,25	15,98	33,46	155,66	472,63	3,16	0,36
148	91,10	1,11	5,42	15,34	42,66	1289,38	477,23	0,12	0,41
149	92,70	1,60	5,35	15,37	42,66	94,58	564,85	2,48	0,39

MOSTO			VINHO BRUTO	RENDIMENTOS	AN. COMPLEMENTARES		
DMU	IMPUREZAS (%)	PUREZA (%)	BASTONETES (x 10 ⁵ /mL)	PRODUTIVIDADE CANA (T/ha)	POL CANA DIGESTOR (%)	POL CANA PRENSA (%)	FIBRA NA CANA (%)
121	0,23	64,74	49,45	12,30	12,64	12,60	11,60
122	0,57	67,31	96,37	82,78	13,98	14,30	12,75
123	0,22	55,50	813,19	81,32	12,68	12,34	12,17
124	0,14	71,91	219,83	15,63	12,16	12,49	12,97
125	0,17	81,39	167,44	111,84	11,93	12,54	12,97
126	0,35	85,39	115,15	79,52	11,23	11,71	13,29
127	0,45	8,38	263,14	81,70	11,72	12,24	13,26
128	0,16	64,63	14,31	3,34	14,13	12,90	3,90
129	0,90	55,50	226,76	11,55	13,74	13,97	12,21
130	3,53	23,66	11,69	0,57	14,72	13,69	1,84
131	0,15	58,46	246,30	82,21	14,33	14,67	12,34
132	0,11	55,27	129,40	91,13	13,31	13,63	13,32
133	0,16	2,29	17,85	84,53	13,61	14,60	13,26
134	0,22	67,33	79,39	75,11	13,90	14,50	13,22
135	0,19	71,54	23,33	1,18	14,21	13,51	14,44
136	0,16	66,44	89,92	3,34	139,00	15,69	88,13
137	0,44	65,49	8,37	83,54	13,46	13,60	12,57
138	0,29	75,20	49,93	1,18	11,65	12,31	14,23
139	0,28	75,50	9,38	0,14	13,50	13,45	23,76
140	0,34	68,22	34,82	85,50	13,71	13,84	13,58
141	0,27	9,82	82,36	78,62	13,64	13,73	13,11
142	0,11	92,39	18,16	87,29	13,94	13,99	13,26
143	0,11	7,36	43,99	100,00	14,22	14,70	12,82
144	0,16	68,89	46,61	3,34	13,35	13,29	23,76
145	0,11	65,45	91,20	111,84	139,00	9,13	88,13
146	0,46	17,80	33,16	111,84	2,27	13,56	13,54
147	27,12	7,35	6,43	88,66	14,52	9,13	14,29
148	0,41	19,41	32,79	111,78	14,10	13,33	13,79
149	0,29	2,29	32,79	113,82	9,21	13,49	13,98

INFORMAÇÕES GERAIS								
DMU	SAFRA	ATR TOTAL (ton)	CANA MOÍDA (ton)	ETANOL (m³)	AÇÚCAR (ton)	Campo+Industria (θ_g)	Industria (θ_i)	Influência do Campo (θ_c)
150	2011/2012	635.582,70	4.874.848,12	114.925,11	8.398.754,28	93,83	97,9	-4,07
151	2011/2012	243.930,62	1.796.687,00	40.658,55	3.711.858,00	99,63	100	-0,37
152	2011/2012	479.161,11	3.368.168,66	73.478,75	6.702.916,00	97,79	97,49	0,3
153	2011/2012	361.571,27	2.658.917,76	49.681,96	5.594.602,00	100	100	0
154	2011/2012	226.135,95	1.676.866,67	73.050,32	2.036.689,00	58,88	60,29	-1,41
155	2011/2012	177.610,49	1.308.268,18	51.397,31	1.861.292,00	73,91	75,35	-1,44
156	2011/2012	149.380,31	1.100.682,04	47.937,95	1.258.744,00	64,19	64,82	-0,63
157	2011/2012	499.375,90	3.625.560,37	152.240,82	4.655.428,00	63,68	65,62	-1,94
158	2011/2012	170.343,11	1.241.411,05	39.341,39	2.104.201,00	89,96	90,14	-0,18
159	2011/2012	197.985,27	1.507.456,16	55.145,28	2.173.162,98	71,18	76,21	-5,03
160	2011/2012	121.582,75	899.824,23	28.878,56	1.421.916,70	100	100	0
161	2011/2012	267.246,09	1.965.711,87	79.440,69	2.396.516,90	58,48	58,68	-0,2
162	2011/2012	310.143,07	2.478.315,56	94.532,34	2.829.802,00	54,38	59,32	-4,94
163	2011/2012	496.750,63	3.593.850,72	109.648,46	5.165.832,50	71,2	73,1	-1,9
164	2011/2012	567.138,75	4.106.164,85	131.404,59	6.252.525,80	78,58	79,82	-1,24
165	2011/2012	232.039,54	1.702.253,76	76.540,61	2.143.851,00	60,98	61,45	-0,47
166	2011/2012	125.364,26	930.404,04	38.580,61	1.226.158,00	81,53	82,15	-0,62
167	2011/2012	450.650,12	3.276.330,77	137.247,38	4.387.369,00	65,58	66,84	-1,26
168	2011/2012	876.466,19	6.470.392,26	205.333,90	10.435.525,00	94,75	93,15	1,6
169	2011/2012	599.204,06	4.415.691,77	134.700,59	7.420.122,70	88,78	90,68	-1,9
170	2011/2012	287.832,21	2.226.773,50	79.008,89	2.982.253,38	63,97	67,57	-3,6
171	2011/2012	490.480,73	3.625.439,45	92.243,43	6.604.520,00	90,33	94,37	-4,04
172	2011/2012	241.196,73	1.735.353,11	45.534,48	2.901.794,86	80,85	79,27	1,58
173	2011/2012	435.428,80	3.278.107,53	102.349,73	4.924.825,37	73,57	76,96	-3,39
174	2011/2012	317.178,45	2.332.218,00	126.940,50	2.325.934,00	47,58	47,64	-0,06
175	2011/2012	175.094,79	1.249.695,15	46.062,10	1.863.753,56	78,93	76,91	2,02
176	2011/2012	447.730,01	3.462.195,33	126.847,59	4.876.622,00	69,46	74,65	-5,19
177	2011/2012	609.154,53	4.396.593,44	136.003,78	6.854.111,00	82,26	82,67	-0,41
178	2011/2012	798.111,73	6.049.686,52	188.099,23	9.663.210,00	92,29	93,37	-1,08
179	2011/2012	155.107,83	1.242.718,40	50.200,47	1.270.771,00	54,26	62,02	-7,76
180	2011/2012	431.685,71	3.040.873,00	125.032,66	4.342.765,05	69,24	68,31	0,93
181	2011/2012	184.068,54	1.357.591,10	41.179,71	2.025.719,17	76,41	78,17	-1,76
182	2011/2012	304.841,77	2.199.621,60	56.740,81	4.025.014,84	87,43	85,89	1,54
183	2011/2012	222.501,67	1.616.266,20	40.470,10	3.023.961,31	91,18	91,34	-0,16

CANA AMBIENTE						
DMU	CHUVA (mm/semana)	%CANA PICADA ENTREGUE	TEMPO DE ENTREGA DA CANA (horas)	TEMPERAT. MÁX AMBIENTE	TEMPERAT. MÍN AMBIENTE	UMIDADE RELATIVA DO AR
150	1,92	97,18	4,68	29,66	14,45	5,78
151	12,40	62,79	29,68	31,34	13,59	78,42
152	23,70	59,94	92,22	29,55	14,18	68,55
153	17,55	86,76	74,58	29,43	14,78	64,81
154	15,32	100,00	8,88	3,26	15,35	49,95
155	6,90	88,97	48,36	28,43	15,32	56,93
156	15,19	75,99	26,35	34,46	17,16	44,89
157	1,94	84,40	28,32	33,34	19,85	56,45
158	8,63	99,19	77,26	34,14	19,78	49,97
159	13,92	6,55	4,68	27,85	14,12	62,49
160	2,27	74,95	23,95	3,14	13,22	63,21
161	8,40	93,49	46,21	3,44	17,58	46,26
162	18,56	98,46	74,00	26,45	19,42	59,51
163	14,73	74,62	25,17	29,37	14,27	57,36
164	14,58	91,12	74,58	28,84	15,86	61,14
165	7,98	88,39	6,55	33,79	16,37	46,60
166	5,77	74,70	13,22	26,46	17,29	59,58
167	11,24	79,12	6,48	28,36	16,28	57,34
168	12,97	2,26	4,68	26,26	15,49	78,49
169	27,28	2,26	6,42	24,59	15,43	46,67
170	9,77	2,26	12,54	3,64	6,99	64,56
171	11,89	8,56	74,00	29,89	12,44	45,47
172	14,18	83,47	72,34	29,67	2,99	54,97
173	28,85	86,77	14,69	28,53	13,44	55,75
174	21,13	84,88	63,54	3,79	14,82	48,15
175	22,50	86,32	23,45	29,60	16,47	43,69
176	16,11	95,53	1,59	28,71	13,43	65,78
177	27,47	8,56	14,89	29,21	14,95	48,26
178	11,93	95,46	9,73	3,60	17,97	56,52
179	22,40	47,82	74,00	28,59	15,18	48,58
180	11,67	53,52	26,35	28,87	13,69	62,22
181	19,53	48,34	17,83	27,82	13,93	67,62
182	2,93	91,53	55,93	26,80	13,75	5,60
183	12,84	93,96	72,93	32,65	15,99	41,99

ASPECTOS DA CANA									
DMU	AR CANA ANALISADO (%)	PUREZA PRENSA (%)	ART CANA DIGESTOR (%)	FIBRA CANA DIGESTOR (%)	DEXTRANA (mg/L na Base BRIX)	AMIDO (mg/L na Base BRIX)	BROCA (%)	% ÁLCOOL na Base BRIX)	BASTONETES PRENSA (x 10 ⁵ /mL
150	0,62	84,57	15,22	12,22	625,68	1423,59	1,54	0,17	3,79
151	0,67	84,58	15,37	12,89	76,92	157,27	3,70	0,18	2,24
152	0,70	85,69	15,38	12,79	78,93	299,58	3,98	0,28	3,12
153	0,69	85,56	14,89	13,16	994,29	244,31	3,61	0,23	2,20
154	1,39	85,54	14,30	11,54	1517,19	1474,91	4,45	0,23	1,75
155	0,92	84,45	14,77	13,60	781,77	152,42	17,00	0,45	3,32
156	1,54	84,58	14,53	13,39	712,59	1531,90	1,59	0,34	4,33
157	1,00	85,48	15,38	13,34	837,12	133,23	1,44	0,30	4,79
158	0,79	85,95	15,89	13,12	84,68	1853,81	1,82	0,24	3,34
159	0,88	83,44	14,39	13,30	1747,14	6,94	3,89	0,59	1,32
160	0,89	84,86	14,72	12,70	659,60	413,76	2,56	0,28	1,53
161	0,69	85,64	14,54	11,51	579,44	643,12	2,55	0,33	5,99
162	0,62	8,87	14,17	12,48	560,00	1474,91	0,28	0,18	4,64
163	0,83	84,87	14,38	12,67	651,92	145,75	2,63	0,32	7,65
164	0,77	85,37	14,75	12,74	393,58	6,94	3,67	0,30	2,35
165	0,83	83,64	15,46	13,38	955,48	287,73	0,94	0,23	1,94
166	0,72	85,48	14,83	12,96	6,43	438,87	1,88	0,25	11,75
167	0,68	87,31	14,97	12,84	489,40	432,28	4,72	0,23	4,28
168	0,72	85,34	14,90	13,25	943,17	1319,48	1,52	0,32	0,76
169	0,62	84,99	14,96	14,13	646,92	141,67	1,36	0,22	2,75
170	0,75	85,79	13,39	13,94	169,54	1238,58	0,27	0,38	5,18
171	0,74	85,31	14,67	14,68	652,38	1384,55	1,37	0,36	0,13
172	0,61	84,76	15,16	13,78	999,98	1474,91	6,98	0,30	6,22
173	0,92	84,77	14,74	13,78	552,95	1836,12	4,45	0,39	7,68
174	1,49	83,75	15,33	11,91	934,93	312,29	3,22	0,29	6,75
175	0,64	85,87	15,11	11,75	195,96	1184,26	7,71	0,20	5,67
176	0,78	86,65	14,00	12,59	1376,63	681,57	1,14	0,40	6,77
177	0,82	86,87	14,82	13,84	873,71	612,28	3,53	0,39	0,19
178	0,71	85,43	14,56	11,95	471,74	44,70	6,64	0,25	11,62
179	0,87	8,29	14,31	12,57	486,57	215,19	2,98	0,17	5,35
180	0,72	86,34	15,49	12,45	89,86	413,76	1,56	0,42	3,44
181	0,81	87,87	14,39	13,29	143,62	55,53	2,16	0,56	6,74
182	0,94	85,55	15,38	14,37	822,50	562,53	4,88	0,64	5,42
183	0,88	84,20	15,23	14,62	619,37	524,22	4,39	0,33	7,52

MOSTO			VINHO BRUTO	RENDIMENTOS	AN. COMPLEMENTARES		
DMU	IMPUREZAS (%)	PUREZA (%)	BASTONETES (x 10 ⁵ /mL)	PRODUTIVIDADE CANA (T/ha)	POL CANA DIGESTOR (%)	POL CANA PRENSA (%)	FIBRA NA CANA (%)
150	0,17	52,12	177,74	75,00	12,85	13,93	12,24
151	0,21	96,49	235,39	63,55	13,93	14,11	13,38
152	0,12	56,33	62,53	77,67	13,98	14,30	12,68
153	0,15	52,45	122,63	74,34	13,47	13,84	12,98
154	0,27	69,79	16,33	58,34	13,63	13,37	12,85
155	0,27	59,66	16,53	7,35	13,30	13,58	13,26
156	0,19	71,48	4,12	58,52	13,22	13,51	13,59
157	0,28	65,18	1,72	57,94	13,13	13,74	12,87
158	0,32	61,87	19,68	65,39	13,46	13,79	13,14
159	0,27	64,57	87,64	74,14	12,77	13,90	13,49
160	0,21	71,17	17,56	71,69	13,26	13,48	12,56
161	0,43	75,22	57,13	1,26	13,36	13,57	12,18
162	0,12	66,26	2125,64	25,73	12,96	12,45	12,17
163	0,16	6,54	159,45	36,57	12,89	13,36	12,78
164	0,28	65,47	19,67	3,34	13,74	13,75	12,58
165	0,18	72,40	3,25	74,70	13,89	13,88	13,44
166	0,23	89,22	64,73	63,42	13,34	13,43	13,16
167	0,12	9,24	71,49	72,93	13,44	13,77	13,33
168	0,14	76,68	0,57	3,34	13,45	13,51	13,10
169	0,39	76,68	2,22	3,34	13,23	13,53	13,27
170	0,19	76,68	4,79	3,34	12,23	12,87	12,15
171	0,33	76,68	1,19	111,84	13,22	13,51	13,96
172	0,23	59,00	61,73	68,79	13,45	13,85	12,89
173	0,25	64,57	71,76	1,18	13,67	13,23	13,38
174	0,14	69,86	12,64	71,90	13,67	12,52	11,75
175	0,27	63,59	94,58	77,79	13,74	14,11	13,34
176	0,15	7,13	39,86	85,55	12,44	12,88	12,48
177	0,12	59,41	155,92	97,33	13,43	13,72	12,18
178	0,22	64,52	43,74	82,83	13,16	13,12	11,92
179	0,23	7,13	784,27	111,84	12,59	12,36	13,91
180	0,18	84,34	53,43	61,18	13,88	14,27	12,88
181	0,14	81,77	17,77	12,30	12,90	13,58	12,75
182	0,24	75,99	58,66	52,36	13,22	13,84	13,66
183	0,38	78,59	35,92	3,34	13,32	13,73	13,61

INFORMAÇÕES GERAIS								
DMU	SAFRA	ATR TOTAL (ton)	CANA MOÍDA (ton)	ETANOL (m³)	AÇÚCAR (ton)	Campo+Industria (θ_g)	Industria (θ_i)	Influência do Campo (θ_c)
184	2012/2013	160.750,85	1.272.568,46	41.355,76	1.744.046,00	71,99	80,94	-8,95
185	2012/2013	645.721,22	5.015.700,04	120.429,32	8.645.760,00	94,66	99,5	-4,84
186	2012/2013	237.326,39	1.672.140,55	36.056,44	3.449.196,44	100	96,12	3,88
187	2012/2013	473.017,87	3.384.985,46	80.677,77	6.453.592,00	93,74	94,79	-1,05
188	2012/2013	361.526,07	2.707.857,61	51.499,69	5.541.556,00	97,54	99,07	-1,53
189	2012/2013	200.560,92	1.540.236,42	50.744,42	2.258.741,00	72,03	77,89	-5,86
190	2012/2013	198.674,20	1.472.205,98	59.170,62	1.864.348,00	63,02	65,09	-2,07
191	2012/2013	274.440,24	2.121.031,27	86.916,55	2.524.988,80	56,96	60,13	-3,17
192	2012/2013	385.695,75	2.874.737,44	89.082,66	4.608.977,00	77,11	78,69	-1,58
193	2012/2013	312.928,90	2.330.583,48	85.015,54	3.140.391,70	64,28	65,22	-0,94
194	2012/2013	584.516,27	4.433.916,38	143.514,38	6.069.954,10	72,43	75,66	-3,23
195	2012/2013	628.446,91	4.800.087,16	142.212,40	6.995.605,00	79,01	82,29	-3,28
196	2012/2013	255.870,98	1.883.897,68	86.426,55	2.211.161,78	56,43	56,67	-0,24
197	2012/2013	126.023,09	934.488,47	31.819,24	1.442.023,00	95,19	95,82	-0,63
198	2012/2013	495.096,17	3.687.043,26	160.547,45	4.510.874,00	60,84	64	-3,16
199	2012/2013	923.864,05	7.015.542,59	193.958,07	11.719.183,24	100	100	0
200	2012/2013	647.925,03	4.849.863,01	132.286,83	8.238.655,86	92,37	94,55	-2,18
201	2012/2013	291.014,57	2.231.572,01	79.705,06	3.121.788,00	66,82	69,92	-3,1
202	2012/2013	471.551,32	3.607.543,53	85.246,91	6.119.203,00	84,06	90,09	-6,03
203	2012/2013	277.411,36	2.021.323,67	53.645,32	3.316.260,00	78,61	78,08	0,53
204	2012/2013	489.764,12	3.723.276,08	112.068,48	5.826.044,60	78,07	83,34	-5,27
205	2012/2013	459.866,99	3.505.350,97	112.040,91	5.354.238,00	75,44	80,33	-4,89
206	2012/2013	935.773,86	7.120.482,90	234.799,58	11.065.995,00	94,43	94,43	0
207	2012/2013	596.250,56	4.363.698,87	173.940,11	5.480.638,00	64,78	66,43	-1,65
208	2012/2013	560.989,06	4.111.617,30	176.125,11	5.158.871,64	71,94	75,06	-3,12
209	2012/2013	202.954,78	1.514.587,90	46.655,55	2.210.412,94	86,74	91,26	-4,52
210	2012/2013	328.538,12	2.536.190,50	58.951,54	4.622.861,73	83,29	83,95	-0,66

CANA AMBIENTE						
DMU	CHUVA (mm/semana)	%CANA PICADA ENTREGUE	TEMPO DE ENTREGA DA CANA (horas)	TEMPERAT. MÁX AMBIENTE	TEMPERAT. MÍN AMBIENTE	UMIDADE RELATIVA DO AR
184	62,44	93,60	6,40	25,88	14,18	92,46
185	18,00	98,87	8,66	29,60	14,85	69,43
186	68,98	23,28	29,60	16,39	65,30	6,20
187	31,88	68,62	34,11	31,30	16,49	66,35
188	3,85	91,31	32,78	3,17	17,53	65,43
189	22,32	93,30	14,82	32,10	17,75	58,42
190	17,78	86,68	13,60	32,51	18,94	58,75
191	16,95	72,76	78,64	28,37	15,40	61,50
192	35,12	86,59	1,69	29,17	19,38	41,77
193	17,84	97,27	5,88	28,46	18,41	48,43
194	27,41	79,74	27,31	30,00	16,73	64,24
195	23,23	94,32	8,51	3,99	17,33	53,24
196	5,85	86,54	67,88	33,72	18,83	54,40
197	16,65	77,13	18,46	29,99	19,33	57,16
198	18,90	8,90	11,30	29,13	18,73	52,95
199	34,92	81,22	27,18	26,99	16,52	89,59
200	35,39	91,45	14,72	23,60	2,44	73,37
201	35,58	1,88	16,37	29,19	16,74	74,14
202	34,78	77,54	28,32	28,98	18,58	69,77
203	21,46	84,24	75,79	3,24	21,88	39,73
204	1,31	89,64	18,19	28,98	14,33	56,93
205	17,92	97,70	6,40	29,80	14,24	65,83
206	19,38	98,69	14,29	31,19	19,24	6,18
207	16,88	66,63	23,68	29,42	15,59	66,77
208	19,25	55,72	38,33	27,44	15,77	62,79
209	21,58	51,77	33,16	3,55	16,47	55,28
210	32,94	61,12	21,35	31,96	18,46	46,61

ASPECTOS DA CANA									
DMU	AR CANA ANALISADO (%)	PUREZA PRENSA (%)	ART CANA DIGESTOR (%)	FIBRA CANA DIGESTOR (%)	DEXTRANA (mg/L na Base BRIX)	AMIDO (mg/L na Base BRIX)	BROCA (%)	% ÁLCOOL na Base BRIX)	BASTONETES PRENSA (x 10 ⁵ /mL
184	0,78	86,30	13,69	12,22	19,60	1351,43	0,41	0,18	8,60
185	0,60	85,57	13,63	11,84	862,51	1469,69	8,10	0,20	2,29
186	87,10	1,14	12,20	141,93	348,90	3,32	5,50	2,48	4,27
187	0,72	85,28	15,50	12,48	11,73	696,99	2,14	0,30	3,42
188	0,67	86,61	14,66	12,77	879,64	446,86	2,00	0,26	3,25
189	0,82	84,55	14,70	11,98	784,19	1737,77	6,25	0,21	6,67
190	0,98	85,90	14,46	12,14	84,47	173,30	6,90	0,32	3,55
191	0,91	84,14	14,10	12,35	828,44	1469,69	2,51	0,39	0,97
192	0,78	86,72	14,58	12,86	758,86	77,14	3,24	0,20	2,54
193	0,61	86,80	14,26	12,80	681,18	571,51	4,92	0,23	7,70
194	0,86	83,79	13,74	12,89	1475,75	2478,25	2,13	0,23	5,40
195	0,68	85,49	13,77	12,76	678,76	579,82	3,27	0,28	1,88
196	0,92	83,47	15,35	13,11	1114,73	225,80	3,87	0,24	6,56
197	0,64	86,28	14,72	13,31	1556,75	873,54	0,47	0,31	1,16
198	0,61	87,66	14,54	13,70	568,29	162,22	3,88	0,33	7,85
199	0,69	85,52	14,19	13,38	2151,27	1419,98	0,50	0,37	0,30
200	0,60	85,32	14,49	14,95	148,40	1321,30	1,28	0,25	3,15
201	0,65	85,97	13,68	13,89	148,97	17,62	0,47	0,17	1,79
202	0,71	85,81	13,68	15,45	1127,79	1734,68	0,77	0,88	0,30
203	0,58	85,99	14,90	12,38	1336,28	1224,74	2,66	0,26	4,49
204	9,39	0,85	5,39	14,54	173,39	757,75	472,63	0,21	0,38
205	0,72	87,60	14,44	11,64	1148,86	1236,42	1,30	0,57	1,40
206	0,74	85,20	14,49	11,46	624,82	44,70	2,20	0,26	2,29
207	0,71	86,56	14,67	13,47	973,40	866,83	11,41	0,70	3,52
208	0,75	88,30	14,19	13,16	945,10	753,47	16,63	0,47	5,14
209	0,92	87,80	14,49	11,73	777,52	2478,25	4,59	0,46	11,50
210	0,81	85,12	14,70	14,30	74,94	636,82	35,65	1,50	3,49

MOSTO			VINHO BRUTO	RENDIMENTOS	AN. COMPLEMENTARES		
DMU	IMPUREZAS (%)	PUREZA (%)	BASTONETES (x 10 ⁵ /mL)	PRODUTIVIDADE CANA (T/ha)	POL CANA DIGESTOR (%)	POL CANA PRENSA (%)	FIBRA NA CANA (%)
184	0,14	63,74	598,19	77,36	12,15	12,57	12,19
185	0,14	52,69	156,50	81,22	12,81	12,88	12,11
186	3,20	96,99	11,10	0,32	14,43	12,91	44,21
187	0,29	56,41	122,25	81,98	13,63	13,91	12,18
188	0,13	52,46	139,65	72,57	13,22	13,42	12,93
189	0,35	62,66	39,40	76,20	12,81	12,93	12,35
190	0,20	77,60	8,37	6,82	13,18	13,46	13,14
191	0,38	76,40	79,39	81,70	12,58	12,84	12,83
192	0,15	62,39	142,28	61,18	13,57	13,42	13,74
193	0,42	73,44	63,59	57,68	12,93	13,40	12,47
194	0,20	68,76	159,60	49,24	12,37	12,76	12,15
195	0,33	66,44	63,72	52,36	13,58	13,85	12,74
196	0,23	7,38	121,67	77,98	13,83	13,82	13,13
197	0,25	88,88	8,54	73,67	13,35	13,46	13,49
198	0,12	88,77	118,47	83,92	13,44	13,44	13,23
199	0,14	79,57	0,76	3,34	12,65	13,11	13,14
200	0,44	79,70	4,36	1,26	12,51	13,31	13,59
201	0,18	83,66	1,87	3,34	12,50	12,99	13,36
202	0,35	79,39	1,93	93,27	12,21	13,35	14,54
203	0,27	61,74	1868,12	82,45	13,85	13,68	12,30
204	1,40	18,90	34,69	111,84	12,96	14,70	3,90
205	0,23	64,20	31,36	84,20	12,75	13,10	11,76
206	0,27	6,12	47,30	93,57	139,00	13,70	11,51
207	0,17	84,57	42,77	3,34	13,15	13,64	13,90
208	0,29	8,33	126,11	28,97	12,82	13,42	12,87
209	0,33	79,79	61,44	1,18	12,52	12,90	13,31
210	0,43	78,25	39,60	3,34	13,10	13,48	13,22

INFORMAÇÕES GERAIS								
DMU	SAFRA	ATR TOTAL (ton)	CANA MOÍDA (ton)	ETANOL (m³)	AÇÚCAR (ton)	Campo+Industria (θ_g)	Industria (θ_i)	Influência do Campo (θ_c)
211	2013/2014	249.554,22	1.844.587,30	47.980,51	3.191.593,62	70,66	72,15	-1,49
212	2013/2014	313.952,33	2.352.650,06	68.860,48	3.486.124,25	72,09	79,86	-7,77
213	2013/2014	176.573,54	1.381.485,20	40.613,84	1.957.265,00	84,28	88,38	-4,1
214	2013/2014	720.980,18	5.664.271,88	164.288,61	8.404.454,60	93,87	96,48	-2,61
215	2013/2014	509.187,75	3.677.280,27	90.134,08	6.949.192,00	96,72	99,79	-3,07
216	2013/2014	399.865,90	3.001.095,00	54.552,43	5.999.276,00	49,81	54,4	-4,59
217	2013/2014	283.724,05	2.266.914,59	88.657,97	2.365.081,00	55,74	58,22	-2,48
218	2013/2014	248.586,24	1.900.119,07	78.501,69	2.203.971,00	47	49,8	-2,8
219	2013/2014	230.958,33	1.774.295,92	83.024,28	1.727.059,00	63,11	65,33	-2,22
220	2013/2014	611.533,08	4.610.820,17	195.027,03	5.433.100,00	53,25	55,84	-2,59
221	2013/2014	263.641,02	2.023.240,14	86.282,14	2.248.487,00	53,93	57,12	-3,19
222	2013/2014	297.577,88	2.309.563,40	96.809,59	2.609.989,30	79,66	80,7	-1,04
223	2013/2014	416.115,51	3.039.035,24	94.260,27	4.994.037,00	73,96	77,51	-3,55
224	2013/2014	713.703,66	5.595.371,80	201.754,69	7.308.708,20	60,54	60,79	-0,25
225	2013/2014	247.235,21	1.821.162,79	73.456,06	2.288.036,00	84,87	88,59	-3,72
226	2013/2014	137.180,44	1.036.497,50	37.042,88	1.518.194,00	59,42	62,31	-2,89
227	2013/2014	547.423,51	4.131.890,18	186.577,33	4.747.037,00	94,76	96,67	-1,91
228	2013/2014	853.356,89	6.592.508,41	183.543,01	10.586.344,66	63,57	70,56	-6,99
229	2013/2014	265.392,43	2.152.003,36	74.591,25	2.860.942,60	91,01	98,84	-7,83
230	2013/2014	486.879,83	3.797.382,94	77.222,84	6.878.885,62	66,63	69,54	-2,91
231	2013/2014	353.941,96	2.724.376,85	93.819,01	3.804.811,56	70,05	72,54	-2,49
232	2013/2014	298.255,25	2.264.735,76	66.470,48	3.323.005,76	79,03	83,96	-4,93
233	2013/2014	568.881,74	4.403.946,11	133.199,07	6.592.916,40	69,16	73,86	-4,7
234	2013/2014	477.188,89	3.629.917,01	134.894,78	5.061.750,00	97,88	97,88	0
235	2013/2014	958.594,43	7.359.728,62	243.633,42	11.469.747,30	45,35	46,76	-1,41
236	2013/2014	304.452,65	2.302.591,32	119.265,93	2.187.629,00	40,5	41,93	-1,43
237	2013/2014	412.605,39	3.094.962,47	156.833,46	2.578.172,60	61	62,92	-1,92
238	2013/2014	547.136,58	4.028.028,40	180.175,04	4.791.567,81	64,71	70,34	-5,63
239	2013/2014	198.398,31	1.528.624,00	51.756,25	2.011.349,25	82,58	89,31	-6,73
240	2013/2014	444.658,19	3.466.382,00	93.023,51	5.804.391,58	78,16	81,64	-3,48

CANA AMBIENTE						
DMU	CHUVA (mm/semana)	%CANA PICADA ENTREGUE	TEMPO DE ENTREGA DA CANA (horas)	TEMPERAT. MÁX AMBIENTE	TEMPERAT. MÍN AMBIENTE	UMIDADE RELATIVA DO AR
211	29,25	79,89	122,48	25,88	18,27	6,55
212	4,72	96,90	8,66	35,85	21,44	69,00
213	2,98	99,85	4,68	29,35	15,26	71,42
214	27,91	8,97	38,83	29,36	15,00	78,93
215	26,88	94,27	33,95	29,39	15,87	74,14
216	58,52	1,00	2,72	29,15	17,69	72,68
217	3,00	97,69	11,96	32,46	16,48	69,63
218	36,75	99,58	2,57	33,87	18,86	57,74
219	29,22	97,57	4,58	29,36	17,82	64,54
220	25,53	99,98	16,23	3,94	17,81	37,91
221	27,71	76,33	152,52	25,19	16,00	65,47
222	24,72	95,24	8,19	29,26	19,65	53,80
223	23,73	96,46	2,72	29,60	17,51	52,78
224	8,38	89,89	58,60	34,93	17,15	48,71
225	27,00	83,67	2,43	29,32	17,43	6,29
226	21,73	87,29	12,54	28,92	18,32	56,65
227	26,65	9,22	9,16	26,15	16,43	81,48
228	34,76	96,79	16,46	26,79	16,20	69,55
229	28,34	87,48	17,83	25,22	2,46	78,83
230	28,85	99,98	5,91	32,30	19,39	56,48
231	13,33	87,65	74,58	3,78	16,90	65,82
232	1,90	93,96	9,49	25,69	11,97	81,79
233	26,52	98,59	6,43	28,25	14,20	69,63
234	2,69	99,44	8,14	3,69	18,55	61,24
235	21,55	1,32	12,83	29,85	14,93	7,43
236	9,86	84,32	6,85	31,28	15,79	67,86
237	12,12	73,62	15,86	28,54	14,82	7,50
238	2,70	63,57	34,87	27,49	14,63	69,71
239	15,24	76,34	17,68	29,64	16,75	46,16
240	3,67	81,75	11,40	31,65	17,74	5,92

ASPECTOS DA CANA									
DMU	AR CANA ANALISADO (%)	PUREZA PRENSA (%)	ART CANA DIGESTOR (%)	FIBRA CANA DIGESTOR (%)	DEXTRANA (mg/L na Base BRIX)	AMIDO (mg/L na Base BRIX)	BROCA (%)	% ÁLCOOL na Base BRIX)	BASTONETES PRENSA (x 10 ⁵ /mL
211	0,66	85,13	14,24	12,47	911,00	1,16	1,34	0,57	3,85
212	0,66	87,74	13,72	12,23	1214,37	129,63	3,67	0,54	11,60
213	0,66	85,59	13,65	12,12	628,48	1394,27	5,68	0,15	7,68
214	0,72	85,32	14,97	12,95	1351,15	659,58	1,54	0,33	3,26
215	0,72	86,56	14,49	12,79	897,46	525,32	1,78	0,26	3,78
216	0,88	85,60	13,53	12,18	11,12	1318,79	1,84	0,26	2,15
217	0,96	84,83	14,11	12,60	164,18	149,52	2,88	0,24	5,60
218	0,93	85,17	13,86	12,32	885,96	1983,97	3,39	0,29	3,82
219	0,79	86,36	14,46	12,95	82,96	1163,71	3,27	0,23	11,92
220	0,90	86,11	14,19	12,75	873,87	224,83	4,92	0,16	4,29
221	1,77	84,47	13,92	12,84	16,74	1134,45	3,75	0,55	2,32
222	0,69	87,36	14,78	13,54	729,23	199,92	4,75	0,19	4,20
223	0,67	85,14	13,69	13,16	1169,46	44,70	0,29	0,70	2,35
224	0,80	83,38	15,22	12,92	88,64	294,15	3,14	0,18	2,79
225	0,66	85,96	14,50	12,75	1133,67	118,50	0,18	0,28	11,54
226	0,60	87,26	14,55	12,78	583,66	797,92	2,33	0,66	4,28
227	0,69	85,55	13,89	13,87	1381,16	1479,55	0,93	0,17	2,34
228	0,79	85,33	12,57	14,23	118,52	1385,19	0,94	0,46	2,12
229	0,73	85,48	13,63	15,63	167,17	1737,25	0,55	0,18	0,59
230	0,78	84,46	13,46	15,71	1439,23	1668,92	3,50	0,13	3,28
231	0,64	85,72	14,17	12,20	1212,83	2,95	2,56	0,31	4,77
232	0,81	85,36	14,33	13,92	552,85	622,32	2,55	0,22	3,65
233	0,63	88,78	14,34	12,23	123,50	149,25	2,43	0,16	13,56
234	0,58	86,63	14,33	11,98	639,66	1238,58	2,53	0,29	0,63
235	0,67	87,90	14,52	12,29	1147,10	835,85	5,84	0,26	0,63
236	0,97	84,67	14,68	13,15	1283,92	435,83	7,66	0,43	19,34
237	0,67	86,75	14,60	13,75	796,36	1618,33	1,77	0,44	2,27
238	0,78	87,83	13,63	13,63	1672,96	117,74	1,23	0,59	8,43
239	0,93	85,38	14,25	13,82	74,92	1134,45	4,42	0,42	6,81
240	0,86	85,69	14,13	14,45	846,47	842,73	31,38	0,42	4,57

MOSTO			VINHO BRUTO	RENDIMENTOS	AN. COMPLEMENTARES		
DMU	IMPUREZAS (%)	PUREZA (%)	BASTONETES (x 10 ⁵ /mL)	PRODUTIVIDADE CANA (T/ha)	POL CANA DIGESTOR (%)	POL CANA PRENSA (%)	FIBRA NA CANA (%)
211	0,23	75,63	67,23	88,18	13,24	13,28	12,55
212	0,27	59,55	779,77	9,38	12,47	12,79	12,47
213	0,14	59,50	18,43	91,54	12,53	12,65	12,45
214	0,19	58,15	556,15	88,59	13,54	13,84	12,32
215	0,15	51,19	154,85	75,88	13,86	13,30	13,53
216	0,25	64,65	164,63	99,56	12,22	12,43	12,28
217	0,33	64,42	121,61	94,93	12,58	13,00	12,22
218	0,27	72,97	148,17	66,37	12,54	12,94	12,63
219	0,25	68,84	168,89	81,32	12,84	13,21	12,92
220	0,33	7,35	877,23	77,22	12,60	12,99	13,22
221	0,68	76,15	56,67	84,88	12,95	12,79	12,65
222	0,26	64,27	143,38	62,82	13,42	13,73	13,14
223	0,28	71,63	86,63	54,14	12,57	12,64	13,26
224	0,17	71,97	39,14	74,14	13,66	13,73	12,96
225	0,24	89,84	87,62	84,63	13,96	13,19	12,97
226	0,14	9,19	77,21	98,88	13,23	13,24	13,67
227	0,12	79,98	1,18	57,14	12,44	12,89	13,78
228	0,13	82,15	16,76	88,59	11,74	12,24	14,22
229	0,25	76,68	1,53	1,18	11,79	12,77	14,49
230	0,45	82,54	0,66	6,59	12,20	12,82	14,23
231	0,27	66,18	1644,99	89,59	13,15	13,31	12,21
232	0,20	74,38	52,18	89,85	12,80	12,83	13,54
233	0,27	69,91	27,23	94,46	12,81	13,14	11,91
234	0,24	59,75	36,19	1,26	13,80	12,98	12,29
235	0,22	77,38	15,26	85,23	12,92	13,22	12,95
236	0,39	72,92	3,49	75,45	13,36	13,56	12,69
237	0,23	85,73	143,83	94,46	13,77	13,50	12,93
238	0,25	83,46	25,64	88,59	12,29	12,96	13,79
239	0,41	74,53	259,12	71,69	12,20	12,72	13,18
240	0,56	76,72	281,40	3,34	12,47	13,45	13,76

INFORMAÇÕES GERAIS								
DMU	SAFRA	ATR TOTAL (ton)	CANA MOÍDA (ton)	ETANOL (m³)	AÇÚCAR (ton)	Campo+Industria (θ_g)	Industria (θ_i)	Influência do Campo (θ_c)
241	2014/2015	298.532,39	2.285.940,40	61.080,22	3.743.462,66	75,18	81,74	-6,56
242	2014/2015	159.474,53	1.233.183,61	41.978,70	1.741.896,00	94,96	92,99	1,97
243	2014/2015	739.189,11	5.304.241,20	162.617,95	9.027.398,94	100	99,04	0,96
244	2014/2015	212.494,20	1.522.337,09	33.249,75	3.093.549,00	90,58	94,59	-4,01
245	2014/2015	496.325,94	3.660.969,07	89.593,17	6.680.241,00	93,06	97,26	-4,2
246	2014/2015	379.689,37	2.917.010,00	60.384,50	5.633.011,00	67,59	70,61	-3,02
247	2014/2015	205.887,60	1.539.346,57	61.035,84	2.117.933,00	70,68	74,8	-4,12
248	2014/2015	246.145,06	1.904.729,02	62.482,14	2.802.583,00	57,49	59,06	-1,57
249	2014/2015	262.245,38	1.972.516,92	87.208,02	2.364.614,48	65,28	63,93	1,35
250	2014/2015	653.942,20	4.601.245,82	224.661,65	5.611.939,00	92,18	91,63	0,55
251	2014/2015	862.162,05	6.445.017,33	201.506,64	10.122.380,06	63,64	69,95	-6,31
252	2014/2015	268.258,47	2.155.296,58	80.213,05	2.868.436,00	89,5	93,9	-4,4
253	2014/2015	439.021,93	3.311.779,94	76.400,72	6.045.350,64	63,79	67,03	-3,24
254	2014/2015	340.520,15	2.626.635,01	97.755,69	3.523.630,00	79,29	80,93	-1,64
255	2014/2015	601.481,40	4.431.156,62	147.492,10	6.642.538,00	71,51	73,22	-1,71
256	2014/2015	561.140,15	4.104.033,29	165.280,79	5.687.690,00	88,75	88,75	0
257	2014/2015	558.113,72	3.934.257,16	119.089,65	6.865.222,00	91,42	85,81	5,61
258	2014/2015	916.437,82	6.401.370,22	246.365,36	9.986.707,00	42,37	41,43	0,94
259	2014/2015	315.495,81	2.267.221,27	130.340,97	2.011.321,00	51,15	51,9	-0,75
260	2014/2015	437.445,06	3.177.694,50	162.691,19	3.332.123,67	64,89	70,66	-5,77
261	2014/2015	169.556,99	1.310.979,30	47.165,30	1.638.980,04	70,95	75,29	-4,34
262	2014/2015	363.809,75	2.865.971,90	92.363,48	4.230.047,75	74,55	75,94	-1,39
263	2015/2016	252.788,27	1.886.780,80	58.812,73	2.926.063,55	100	100	0
264	2015/2016	669.118,14	5.089.590,66	142.143.368,00	8.355.588,44	100	100	0
265	2015/2016	244.899,17	1.764.766,51	39.562.324,00	3.383.875,00	100	100	0
266	2015/2016	442.719,03	3.279.440,72	78.620.222,00	5.994.580,00	99,03	100	-0,97
267	2015/2016	346.445,44	2.665.416,00	67.629.046,00	4.733.710,00	94,98	97,64	-2,66
268	2015/2016	453.219,03	3.529.921,89	114.316.696,00	5.150.467,00	100	100	0
269	2015/2016	573.091,68	4.398.558,64	211.354.893,00	4.761.174,00	96,91	99,64	-2,73
270	2015/2016	491.436,85	3.861.599,88	163.554.122,00	4.579.903,00	100	100	0
271	2015/2016	897.318,28	6.735.210,92	264.032.685,00	9.222.898,19	100	100	0

CANA AMBIENTE						
DMU	CHUVA (mm/semana)	%CANA PICADA ENTREGUE	TEMPO DE ENTREGA DA CANA (horas)	TEMPERAT. MÁX AMBIENTE	TEMPERAT. MÍN AMBIENTE	UMIDADE RELATIVA DO AR
241	4,58	98,39	3,43	33,28	13,22	68,26
242	1,46	100,00	9,53	3,75	14,94	67,54
243	17,61	86,64	9,92	32,23	16,12	69,90
244	21,53	87,54	25,69	3,18	16,54	73,34
245	25,34	91,53	23,51	29,91	16,90	67,74
246	13,00	9,93	23,45	26,68	18,14	55,75
247	18,47	68,32	33,54	26,86	17,55	63,71
248	14,49	87,63	73,00	3,27	17,86	43,93
249	9,37	92,66	4,74	29,49	18,11	59,86
250	19,55	9,34	11,61	27,39	16,94	6,38
251	33,78	99,96	15,91	27,44	18,76	64,53
252	18,22	88,83	15,65	33,63	6,99	65,78
253	35,97	100,00	13,92	31,92	2,27	62,68
254	38,89	96,49	13,79	25,32	15,56	77,14
255	13,81	99,31	4,99	29,75	14,22	64,00
256	22,83	96,76	5,99	31,36	17,53	51,83
257	9,65	99,99	1,34	31,62	18,71	53,86
258	1,47	1,00	4,83	31,66	15,47	65,22
259	11,98	84,37	7,73	3,25	15,33	66,46
260	1,19	74,84	21,58	28,57	14,61	64,89
261	1,91	99,51	5,25	3,35	16,92	46,12
262	18,97	99,69	0,32	33,19	17,57	44,63
263	18,27	100,00	1,56	31,36	16,20	69,55
264	4,79	89,39	9,70	32,39	17,97	74,42
265	42,12	85,97	29,39	29,93	17,12	79,85
266	38,89	96,73	58,31	29,27	18,67	77,35
267	44,39	98,78	5,28	28,83	2,35	64,20
268	19,50	93,76	6,55	29,32	19,82	66,25
269	4,23	99,62	4,32	29,35	15,39	69,26
270	21,53	1,00	6,15	31,30	19,62	61,63
271	24,34	100,00	6,73	3,90	16,63	71,84

ASPECTOS DA CANA									
DMU	AR CANA ANALISADO (%)	PUREZA PRENSA (%)	ART CANA DIGESTOR (%)	FIBRA CANA DIGESTOR (%)	DEXTRANA (mg/L na Base BRIX)	AMIDO (mg/L na Base BRIX)	BROCA (%)	% ÁLCOOL na Base BRIX)	BASTONETES PRENSA (x 10 ⁵ /mL
241	0,79	86,54	14,30	12,36	919,83	413,76	4,89	0,26	6,56
242	0,78	85,14	15,73	11,61	65,63	1351,43	3,90	0,17	7,21
243	0,72	86,68	15,13	12,69	993,52	635,96	2,58	0,18	0,29
244	0,73	85,54	14,72	13,63	712,54	748,82	1,13	0,24	6,27
245	0,79	85,29	14,25	12,78	498,93	513,84	1,30	0,19	4,28
246	0,87	84,95	14,88	14,10	718,86	1618,33	0,95	0,22	4,48
247	0,76	87,26	14,19	13,65	724,85	173,54	2,16	0,58	0,97
248	0,95	82,94	14,98	13,44	938,22	391,11	6,84	0,33	4,77
249	0,64	87,59	15,42	13,16	472,43	1354,00	1,81	0,39	0,65
250	0,67	85,43	14,52	14,25	1134,35	1681,86	0,91	0,15	2,20
251	0,67	84,82	13,56	15,42	1624,78	1645,15	0,73	0,21	2,88
252	0,77	85,37	14,22	16,60	1215,49	2478,25	0,93	0,20	11,75
253	0,72	83,42	13,66	15,91	1531,88	174,22	2,33	0,22	0,76
254	0,92	84,97	15,13	13,42	761,48	1,16	2,76	0,27	14,26
255	0,72	86,26	15,63	12,17	717,18	129,26	5,37	0,17	4,90
256	0,78	86,65	15,37	12,13	869,89	714,83	5,38	0,17	0,11
257	0,72	86,49	15,89	11,37	62,57	1,16	2,25	0,30	0,65
258	0,63	87,63	15,34	12,24	657,86	967,36	6,19	0,14	1,88
259	0,80	86,23	15,37	13,13	63,86	199,42	19,96	0,30	2,35
260	0,83	86,25	13,78	13,79	1526,91	765,79	15,69	0,32	14,21
261	1,43	83,16	14,19	13,12	84,16	923,25	2,15	0,38	5,13
262	0,94	85,53	14,54	13,46	692,69	1128,00	29,79	0,24	5,45
263	0,74	84,70	14,11	11,56	117,56	1476,27	2,98	0,34	8,87
264	0,70	87,23	14,56	12,83	1125,73	772,90	2,32	0,13	5,45
265	0,73	85,70	14,54	13,25	149,42	615,97	1,42	0,26	5,99
266	0,75	85,83	14,28	12,96	2115,27	679,56	1,83	0,24	4,20
267	0,76	81,53	14,18	13,13	124,24	832,67	2,13	0,19	4,79
268	0,67	86,47	14,39	12,99	537,53	1224,74	1,95	0,23	2,15
269	0,74	86,67	14,67	12,13	98,48	1338,10	3,17	0,24	4,90
270	0,63	86,75	14,52	11,55	625,36	174,22	2,22	0,20	4,19
271	0,68	86,59	13,92	12,26	77,25	749,28	2,96	0,24	4,75

MOSTO			VINHO BRUTO	RENDIMENTOS	AN. COMPLEMENTARES		
DMU	IMPUREZAS (%)	PUREZA (%)	BASTONETES (x 10 ⁵ /mL)	PRODUTIVIDADE CANA (T/ha)	POL CANA DIGESTOR (%)	POL CANA PRENSA (%)	FIBRA NA CANA (%)
241	0,26	64,17	378,86	0,32	12,60	12,90	12,68
242	0,18	57,24	241,33	81,11	13,12	13,89	12,68
243	0,36	54,49	245,29	52,53	13,82	14,47	12,69
244	0,15	58,48	188,90	77,50	13,25	13,48	12,58
245	0,15	53,50	219,12	72,54	12,85	12,95	13,17
246	0,20	72,36	59,64	76,79	13,31	13,31	13,37
247	0,14	68,13	129,44	93,85	12,62	12,91	13,99
248	0,25	69,64	92,53	77,79	13,43	13,44	13,78
249	0,12	93,88	65,37	85,77	14,76	14,24	13,32
250	0,18	8,38	2,24	45,54	13,12	13,33	14,34
251	0,15	83,72	2,31	14,68	11,60	12,43	14,23
252	0,26	74,33	0,88	5,64	12,44	13,22	15,18
253	0,38	79,99	1,27	28,97	12,25	12,87	15,25
254	0,21	89,22	22,33	81,70	13,37	13,34	13,27
255	0,17	69,39	0,53	94,33	13,35	13,64	12,88
256	0,14	57,62	143,80	92,58	13,99	14,15	11,93
257	0,18	61,71	46,99	82,42	14,29	14,32	11,42
258	0,23	79,75	0,85	82,25	13,68	13,93	12,94
259	0,15	85,39	274,75	3,34	13,35	13,75	13,38
260	0,37	84,96	24,94	12,30	12,35	12,89	13,61
261	0,22	81,39	456,36	8,53	12,23	12,55	12,84
262	0,41	78,68	641,50	1,18	12,80	13,35	12,65
263	0,12	56,56	197,63	82,38	13,35	13,54	11,56
264	0,45	57,17	236,98	69,74	13,19	13,92	12,77
265	0,14	57,73	184,49	78,84	13,11	13,46	12,66
266	0,16	58,72	247,12	93,85	12,78	12,94	12,68
267	0,20	63,36	167,44	77,36	12,59	12,80	12,86
268	0,13	96,49	16,84	79,18	12,98	12,99	13,49
269	0,17	71,91	71,49	86,58	12,49	12,65	12,35
270	0,16	75,65	48,21	84,23	13,15	13,29	11,67
271	0,19	78,81	877,23	88,58	12,32	12,75	12,24