



**UNIVERSIDADE ESTADUAL DE CAMPINAS
FACULDADE DE ENGENHARIA AGRÍCOLA**

FERNANDO RODRIGUES DE AMORIM

**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**

CAMPINAS

2019

FERNANDO RODRIGUES DE AMORIM

**A COMPETITIVIDADE DOS SISTEMAS DE PREPARO DE SOLO E
PLANTIO DE CANA-DE-AÇÚCAR: UMA ANÁLISE DOS SISTEMAS
UTILIZADOS POR FORNECEDORES E USINAS NO ESTADO DE SÃO
PAULO**

Tese apresentada à Faculdade de Engenharia Agrícola da Universidade Estadual de Campinas como parte dos requisitos para o título de Doutor em Engenharia Agrícola, na Área de Gestão de Sistemas na Agricultura e Desenvolvimento Rural.

FERNANDO RODRIGUES DE AMORIM

Orientador: Prof. Dr. Marco Túlio Ospina Patino

Co-orientador: Prof. Dr. David Ferreira Lopes Santos

ESTE EXEMPLAR CORRESPONDE À VERSÃO FINAL DA TESE DEFENDIDA PELO ALUNO FERNANDO RODRIGUES DE AMORIM E ORIENTADA PELO PROF. DR. MARCO TULIO OSPINA PATINO E COORIENTADA PELO PROF. DR. DAVID FERREIRA LOPES SANTOS

CAMPINAS

2019

Ficha catalográfica
Universidade Estadual de Campinas
Biblioteca da Área de Engenharia e Arquitetura
Luciana Pietrosanto Milla - CRB 8/8129

Amorim, Fernando Rodrigues de, 1980-

Am68c 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 / Fernando Rodrigues de Amorim. – Campinas, SP : [s.n.], 2019.

Orientador: Marco Tulio Ospina Patino.

Coorientador: David Ferreira Lopes Santos.

Tese (doutorado) – Universidade Estadual de Campinas, Faculdade de Engenharia Agrícola.

1. Custos. 2. Monte Carlo, Método de. 3. Viabilidade econômica. 4. Estratégia. 5. Fluxo de caixa. I. Ospina Patino, Marco Tulio, 1960-. II. Santos, David Ferreira Lopes. III. Universidade Estadual de Campinas. Faculdade de Engenharia Agrícola. IV. Título.

Informações para Biblioteca Digital

Título em outro idioma: Competitiveness of soil preparation and sugar cane planting systems : an analysis of the systems used by suppliers and machines in the State of São Paulo

Palavras-chave em inglês:

Costs

Monte Carlo, Method of

Economic viability

Strategy

Cash flow

Área de concentração: Gestão de Sistemas na Agricultura e Desenvolvimento Rural

Titulação: Doutor em Engenharia Agrícola

Banca examinadora:

Marco Tulio Ospina Patino [Orientador]

Matheus Alberto Cônsoli

Rafael Montanari

Nilson Antonio Modesto Arraes

Rafael Bordonal Kalaki

Data de defesa: 26-07-2019

Programa de Pós-Graduação: Engenharia Agrícola

Identificação e informações acadêmicas do(a) aluno(a)

- ORCID do autor: <https://orcid.org/0000-0003-1618-6316>

Currículo Lattes do autor: <http://lattes.cnpq.br/62222228179918861>

Este exemplar corresponde à redação final da **Tese de Doutorado** defendida por **Fernando Rodrigues de Amorim**, aprovada pela Comissão Julgadora em 26 de Julho de 2019, na Faculdade de Engenharia Agrícola da Universidade Estadual de Campinas.

Prof. Dr. Marco Tulio Ospina Patino - Presidente e Orientador

Dr. Matheus Alberto Cônsoli- Membro Titular

Dr. Rafael Montanari - Membro Titular

Prof. Dr. Nilson Antonio Modesto Arraes - Membro Titular

Dr. Rafael Bordonal Kalaki - Membro Titular

A Ata da defesa com as respectivas assinaturas dos membros encontra-se no processo de vida acadêmica do discente.

AGRADECIMENTOS

A Faculdade de Engenharia Agrícola – UNICAMP pela oportunidade de realizar um doutorado.

Ao amigo Leonardo Augusto Amaral Terra pela parceria em publicações e por acreditar na minha pessoa, se dispondo em fazer uma carta de recomendação para ingresso nesta instituição, assim como Cláudio José Bertazzo e Matheus Alberto Cònsoli.

Aos funcionários da FEAGRI, em especial, a todos da secretaria que sempre me atenderam com carinho.

Ao meu orientador prof. Dr. Marco Tulio Ospina Patino por aceitar o desafio de me orientar.

Ao meu coorientador prof. Dr. David Ferreira Lopes Santos pela ajuda e confiança.

A todos os membros da banca da qualificação e da defesa, pelas sugestões de melhoria deste trabalho.

A todos os fornecedores de cana-de-açúcar e usinas, que responderam o questionário desta pesquisa.

Ao CNPQ que possibilitou a concessão da bolsa.

Muito obrigado!

RESUMO

Esta pesquisa se insere no contexto do setor sucroenergético do Brasil que se destaca de forma positiva na produção mundial de açúcar, etanol e bioenergia, tanto para consumo interno como para o mercado de exportação, contribuindo, assim, para o desenvolvimento do país de maneira a elevar o *superávit* da balança comercial. Mas, por outro lado, de forma negativa, o setor passa por dificuldades econômicas, constatadas na declaração de falência de usinas e fornecedores e no declínio da produção por hectare. Estas dificuldades estão associadas a vários aspectos, principalmente aqueles pertinentes à mudanças na forma de preparo do solo, e do plantio e no manejo que ainda não apresentam indicadores de desempenho eficientes. Diante desta problemática a questão que norteia esta pesquisa foi: Dentre os vários sistemas de preparo do solo e plantio da cana-de-açúcar, quais são os sistemas mais competitivos utilizados por usinas e fornecedores? Para respondê-la, orientar-se-á pelo objetivo principal que é analisar a estratégia de gestão agrícola do preparo do solo e do plantio de cana-de-açúcar do setor sucroenergético, identificando a viabilidade econômica e técnica dessas práticas agrícolas. Esta pesquisa utilizou dados primários de 31 usinas e 42 fornecedores do estado de São Paulo, obtidos através de um questionário estruturado. A pesquisa tem caráter de associação com interferência e foi analisada através de um modelo biobjetivo, que analisa a relação de produção e custo e a maximização de receita; custos, análise econômica (Valor presente líquido; Taxa Interna de Retorno) e análise de risco (Monte Carlo). Os resultados indicam que independente do sistema utilizado no preparo e no plantio, o sistema de taxa fixa é predominante entre usinas e fornecedores. No entanto, o preparo do solo convencional com taxa fixa e o plantio de mudas pré-brotadas proporcionam uma maior receita para as usinas e fornecedores. O sistema de preparo do solo localizado com taxa variável e o sistema convencional com taxa fixa proporcionam um maior lucro para as usinas. O sistema de preparo convencional com taxa fixa e o plantio mecanizado com taxa fixa proporcionam aos fornecedores um maior lucro. Os custos são menores nos grupos estratificados grandes, ambos em usinas e fornecedores. Dentre os tipos de preparo do solo analisados, o que obteve menor custo foi preparo para plantio direto com taxa fixa dos fornecedores e a maior produtividade foi a do preparo do solo convencional com taxa variável, porém seu custo por tonelada de cana-de-açúcar é o maior dentre todos os sistemas analisados. Quando é realizada a análise econômica entre os dois grupos mais representativos em usinas (médias) e fornecedores (pequenos), prevaleceu um percentual maior na probabilidade da atividade ser rentável para as usinas médias, de acordo com as estimativas e parâmetros obtidos na simulação de Monte Carlo, além da viabilidade econômica indicada pela TIR e o VPL ser superior em todos os quesitos analisados. Referente ao tipo de plantio com maior eficiência, o destaque foi o plantio de mudas pré-brotadas com taxa fixa utilizados pelos fornecedores, obtendo a maior produtividade dentre todos os tipos de plantio considerados. Porém, este é o sistema com maior percentual de área de reforma mencionado na pesquisa. Ademais, dentre todas as combinações de preparo do solo e plantio, a mais eficiente foi o preparo do solo para plantio direto em conjunto com o plantio de mudas pré-brotadas.

Palavras-chave: Custos, Método de Monte Carlo, Viabilidade econômica, Estratégia, Fluxo de Caixa.

ABSTRACT

Brazil's sugar-energy sector leads global sugar and ethanol production, both for domestic consumption as well as export. It contributes significantly to the country's development and increases the trade balance surplus. However, the sector is experiencing economic difficulty, as evident from the large number of mills and suppliers that have declared bankruptcy and the decline in production per hectare. These difficulties are a result of several factors, especially those related to changes in soil preparation, planting, and management, which do not yet have efficient performance indicators. Therefore, the question that guided this research was: Among the various soil preparation and sugarcane planting systems, which systems used by mills and suppliers are the most competitive? Arriving at the answer to this question requires an analysis of the agricultural management strategy of soil preparation and sugarcane planting in the sugar-energy sector, and then identifying the economic and technical feasibility of these agricultural practices. This research used primary data obtained through a semi-structured questionnaire from 31 mills and 42 suppliers in the state of São Paulo. The research made use of interference and the analysis was conducted using a biobjective model that identifies the relationship between production maximization and cost minimization. Other techniques included the comparative analysis of costs and economic viability, together with risk analysis using a Monte Carlo simulation. The results indicate that regardless of the system used in soil tillage and planting of sugarcane, the fixed-rate system predominates among mills and suppliers. However, conventional fixed-rate soil tillage and planting of sugarcane pre-sprouted seedlings provide increased revenue for sugarcane mills and suppliers. The most profitable soil tillage systems for the mills were the variable-rate and the conventional fixed-rate system, while for suppliers, the most profitable soil tillage systems were the conventional fixed-rate and fixed-rate mechanized soil tillage gave suppliers a higher profit. Costs are lower for large-scale producers, both mills and suppliers. Among the tillage systems analyzed, the lowest cost was incurred for fixed-rate tillage in the case of suppliers and the highest productivity was that of conventional tillage with a variable rate, but its cost per ton of sugarcane is higher considering the systems analyzed. The economic feasibility and risk analysis indicated that in the two most representative groups of mills and suppliers, medium-scale production plants are most likely to be profitable, reinforced by greater economic viability as indicated by the profitability indicators—the net present value and internal rate of return. Regarding the planting systems, the fixed-rate pre-sprouted seedling planting system used by the suppliers presented the highest productivity and this system is related to a higher percentage of reformed area. The system of no-soil tillage in conjunction with the planting of pre-sprouted seedlings provided the highest yield at the lowest cost.

Keywords: Costs, Monte Carlo Method of, Economic Viability, Strategy, Cash Flow

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 - Alternativas de sistemas de preparo do solo e plantio de cana-de-açúcar.....56

CAPÍTULO 1

Figura 1 - Frequência acumulativa do FCL para fornecedores de pequena escala.....108

Figura 2 - Frequência acumulativa do FCL total para as usinas com escala média.....108

CAPÍTULO 2

Figura 1 - Percentual de área reformada e aumento de produção dos fornecedores

(R\$/ha.).....119

Figura 2 - Percentual de área reformada e aumento de produção das usinas

(R\$/ha.).....121

Figura 3 - Relação entre custo máximo, médio e mínimo e aumento de produção dos

fornecedores e usinas (R\$/ha.).....122

Figura 4 - Relação entre custo máximo, médio e mínimo e aumento de produção dos

fornecedores e usinas (R\$/ha.).....123

LISTA DE GRÁFICOS

Gráfico 1- Países importadores de açúcar do Brasil	28
Gráfico 2-Precipitação pluviométrica de Ribeirão Preto entre janeiro de 2011 a dezembro de 2017..	30
Gráfico 3 - ATR entre 2007/08 – 2017/18..	30
Gráfico 4 -Estados com maior representatividade de produção de cana-de-açúcar do Brasil.....	57
Gráfico 5 - Valor do ATR mensal entre janeiro 2010 a abril 2017.....	66
Gráfico 6- Tipos de sistemas com taxa variável no preparo do solo e plantio fornecedor e usinas (R\$/ha.).....	75
Gráfico 7- Tipos de preparo do solo e plantio com (TF) em fornecedores e usinas (R\$/ha.).....	75
Gráfico 8 – Tipos do preparo do solo com taxa variável e plantio com taxa fixa para fornecedores e usinas (R\$/ha.).....	77
Gráfico 9-Tipos do preparo do solo com taxa fixa e plantio com taxa variável para fornecedor e usinas (R\$/ha.).....	78
CAPÍTULO 1	
Gráfico 1- Agrupamento de preparo e plantio de cana de açúcar em fornecedor (1) e usinas (2) em (R\$/ha.).....	104

LISTA DE QUADROS

Quadro 1 - Oportunidades e ameaças, Pontos fortes, fracos.....	23
Quadro 2 - Vantagens e desvantagens do preparo do solo convencional.....	40
Quadro 3 - Vantagens e desvantagens do preparo do solo reduzido.....	41
Quadro 4 - Vantagens e desvantagens do preparo do solo localizado.....	42
Quadro 5 - Vantagens e desvantagens do preparo do solo para plantio direto.....	44
Quadro 6 – Descrição e unidades das variáveis analisadas.....	60
CAPÍTULO 1	
Quadro 1-Descrição dos sistemas de preparo do solo utilizados por fornecedores e usinas de cana de açúcar.....	98
Quadro 2 - Descrição dos sistemas de plantio utilizados por fornecedores (1) e usinas (2) de cana de açúcar.....	101
CAPÍTULO 2	
Quadro 1- Descrição dos sistemas de preparo do solo utilizados por fornecedores (1) e usinas (2) de cana-de-açúcar.....	116
Quadro2 - Descrição dos sistemas de plantio utilizados por fornecedores (1) e usinas (2) de cana-de-açúcar.....	116
Quadro 3 - Distribuição dos sistemas para a maximização da receita nos cenários de custo máximo, médio e mínimo para usinas e fornecedores.....	124
Quadro 4 - Distribuição dos sistemas para a maximização do lucro nos cenários de custo máximo, médio e mínimo para usinas e fornecedores.....	124

LISTA DE TABELA

CAPÍTULO 1

Tabela 1 - Análise estatística dos custos médios (R\$/ha.) do preparo do solo utilizados por fornecedores (1) e usinas (2) de cana de açúcar.....	99
Tabela 2- Custos (R\$/ha.), produtividade e percentual da área de reforma nos sistemas de preparo do solo utilizados por fornecedores (1) e usinas (2).....	100
Tabela 3 - Tipos de plantio utilizados em fornecedores (1) e usinas (2), custos médios(R\$/ha.) e análise descritiva	102
Tabela 4 -Tipos de sistemas utilizados com taxa variável entre fornecedores (1) e usinas (2), percentual utilizado, custo médio(R\$/ha), produtividade em toneladas por hectare e custo em R\$ por tonelada de cana.....	102
Tabela 5 –Custos (R\$/ha.), produtividade e percentual de área de reforma nos sistemas de plantio utilizados por fornecedores (1) e usinas (2).....	103
Tabela 6 –Custos totais (R\$/ha.), produtividade e receita para fornecedores de cana de açúcar (R\$).....	104
Tabela 7 –Custos totais (R\$/ha.), produtividade e receita para usinas processadoras de cana de açúcar (R\$).....	105
Tabela 8 - Análises estatísticas descritiva de fornecedores (1) e usinas (2).....	106
Tabela 9 - Receita, Custos e Fluxo de Caixa dos fornecedores de pequena escala em (R\$/safra).....	106
Tabela 10 - Receita, Custos e Fluxo de Caixa nas usinas de média escala em (R\$/safra).....	107
Tabela 11 - Valores referentes ao fluxo de caixa pessimista, fluxo de caixa real, fluxo de caixa otimista e simulação em fornecedores (R\$).....	107
Tabela 12 -Valores referentes ao fluxo de caixa pessimista, fluxo de caixa real, fluxo de caixa otimista e simulação em usinas com escala média (R\$).....	108

SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO	14
1.2. OBJETIVO	21
1.2.1 Objetivo Geral	21
1.2.2 Objetivos Específicos	21
2 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA	22
2.1 Análises do setor sucroenergético	22
2.1.1 Sistema CONSECANA	25
2.2 Análise dos fornecedores de cana-de-açúcar.....	26
2.3 Aspectos econômicos da produção de cana, açúcar e etanol.....	27
2.4 Aspectos Microeconômicos, riscos e análise de Monte de Carlo aplicado a gestão da produção de cana-de-açúcar	32
2.5 Sistema de produção da cana-de-açúcar	35
2.5.1 Definições dos sistemas de preparo do solo e suas características	35
2.5.2 Preparo do Solo.....	36
2.6 Aspectos técnicos sobre a tecnologia de aplicação do sistema de taxa variável	37
2.6.2.1 Sistema de preparo do solo convencional.....	40
2.6.2.2 Sistema de preparo do solo reduzido.....	41
2.6.2.3 Sistema de preparo do solo localizado	42
2.6.2.4 Sistema de preparo do solo para plantio direto.....	43
2.7 Plantio da cana-de-açúcar	44
2.7.1 Espaçamento entre fileiras de plantas e profundidade.	46
2.7.2 Plantio semimecanizado e/ou convencional.....	47
2.7.3 Plantio semimecanizado de mudas pré-brotadas	49
2.7.4 Plantio mecanizado	51
3. MATERIAL E MÉTODOS	54
3.1.1 Estimativa de Tamanho de amostra pesquisada	57
3.1.2. Instrumento de Coleta	59
3.1.3 Custo Total Médio do Preparo do Solo = CTMPS	61
3.1.4 Custo Total Médio do Plantio = CTMP	62
3.1.5 Produtividade = PROD	63
3.1.6 Procedimento de levantamento de dados.....	63
3.2 Métodos	64
3.2.1 Análise dos dados	65
3.2.2 Percentual de preparo do solo e plantio, custos e produtividade, viabilidade econômica e de risco.....	65
3.2.3 Modelo biobjetivo	68
4. RESULTADOS E DISCUSSÕES	70
4.1 Fornecedores.....	70
4.2 Usinas.....	71
4.3 Conclusão	73
REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	80
5.0 PREPARO DO SOLO E PLANTIO DE CANA-DE-AÇÚCAR: UMA AVALIAÇÃO DE CUSTO, RISCO E VIABILIDADE ECONÔMICA.....	94
5.1 Resumo	94

5.2	Introdução	95
5.3	Material e Métodos	96
5.4	Resultados e Discussões	98
5.4.1	Caracterização e custos dos sistemas de preparo do solo e plantio de cana-de-açúcar para fornecedores e usinas.....	98
5.4.2	Avaliação econômica e de risco de fornecedores e usinas de cana-de-açúcar.....	105
5.5	Conclusões.....	109
5.6	Referências	110
6	- EFICIÊNCIA E RENTABILIDADE DOS SISTEMAS DE PRODUÇÃO DE CANA-DE-AÇÚCAR NO ESTADO DE SÃO PAULO – BRASIL.....	112
6.1	Resumo:	112
6.2	Introdução	113
6.3	Material e Métodos	114
6.3.1	Modelagem	115
6.3.2	Modelo biobjetivo	117
6.4	Resultados e Discussão.....	118
6.5	Conclusões.....	125
6.6	REFERÊNCIAS	125
7	CONCLUSÕES GERAIS	128
7.1	Limitações e sugestões de pesquisas futuras	129
8	REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS GERAIS.....	131
	APÊNDICE A – QUESTIONÁRIO DE PESQUISA.....	148
	APÊNDICE B - PARECER CONSUBSTANCIADO DO CEP	152

1 INTRODUÇÃO

O Brasil apresenta vantagens competitivas no setor agropecuário, impulsionado por condições climáticas, terras favoráveis ao cultivo, na maioria de seu território e disponibilidade de tecnologia, e é neste contexto que se desenvolve o setor sucroenergético brasileiro.

Isso também é evidenciado quando se comparam a quantidade de cana-de-açúcar processada e os custos de produção no Brasil com os de outros países produtores de açúcar e etanol (ALBANEZ *et al.* 2008). Para Salles-Filho *et al.* (2017), o Brasil é um dos principais países na produção mundial de cana-de-açúcar, tendo destaque em sua produtividade por hectare e no custo de produção. Essa vantagem, para a produção de cana-de-açúcar, proporcionou ao complexo sucroenergético um superávit comercial de R\$ 81,8 bilhões, respondendo por 14,9 % das exportações do agronegócio do Brasil, em 2017 (BRASIL, 2018).

A relevância econômica e social do setor sucroenergético, se registra em 23 estados do Brasil, sendo o Estado de São Paulo o mais representativo (UNICA, 2016). O valor bruto da produção (VBP) da cana-de-açúcar, em 2017, no Brasil, correspondeu a R\$ 52,8 bilhões, que é equivalente a 17% de toda a produção vegetal, sendo inferior somente à soja de R\$ 116,2 bilhões (BRASIL, 2018). Como afirmaram Gilio e Moraes (2016), a presença das usinas proporciona dinamismo econômico local e regional, incentivando não apenas a geração de emprego e renda diretamente no setor sucroenergético, mas também influencia indiretamente outros setores.

A importância do etanol, no mercado interno, teve destaque após a difusão da tecnologia dos motores *flex fuel* no mercado nacional. Contudo, o que proporciona vantagens competitivas ao consumidor final, na escolha entre a gasolina e o etanol, é a variabilidade de preços, que altera conforme os tributos de um estado para outro e logística. No entanto, a paridade etanol-gasolina, no estado de São Paulo, esteve quase sempre abaixo de 60%, enquanto, no Pará, a média é de 80% (ORELLANO *et al.*; 2013). Porém Demczul e Padula (2017) afirmaram que o preço do etanol, na bomba, não deve ultrapassar 70% do preço da gasolina comum para ser competitivo ao consumidor.

A comercialização de energia elétrica, por meio da biomassa da cana-de-açúcar, é mais recente no Brasil, sendo considerada a principal inovação neste setor, nos últimos anos, modificando a tradicional atividade sucroalcooleira em sucroenergética (SPETIC *et al.*; 2012; SANTOS, 2015).

Adicionalmente às mudanças tecnológicas, ocorre a liberalização do setor do controle estatal, ocasionando uma nova dinâmica empresarial com incremento da competitividade dos agentes (MANOEL *et al.*, 2016). As inovações tecnológicas do setor e o crescimento do país criaram um ambiente institucional e econômico muito favorável ao fortalecimento dos grupos econômicos existentes, bem como estimularam a entrada de novos *players* neste mercado, seja por meio de incorporações ou criação de novas plantas industriais. Esse período de pujança ocorreu entre 2003-2008.

Os desdobramentos da crise financeira do *subprime* norte-americano, em 2008/2009, associados aos elevados estoques de açúcar no mundo, mudanças de políticas públicas no Brasil, no controle dos preços dos combustíveis e fatores climáticos, reduziram o fluxo de financiamento ao setor e comprimiram as margens das usinas com a elevação de custos e redução de preços (SANTOS *et al.*, 2015). Com isso, várias empresas enfrentaram dificuldades financeiras ou mesmo faliram (TREVIZOLI e NEVES, 2015). Nesta direção, Manoel *et al.* (2016, p. 151) relataram que “as variações do endividamento do setor estudado estão direcionadas pela necessidade de recursos externos e não pela tentativa de alcançar uma estrutura ótima de capital”, considerando uma amostra de 16 usinas entre 1998 e 2013.

Santos, Garcia e Shikida (2015) identificaram que algumas empresas conseguiram a manutenção das suas atividades e até mesmo ampliação de investimento, posicionando-se como referências à gestão do portfólio de produtos, em especial, àquelas intensivas em geração de energia elétrica. Rodrigues e Rodrigues (2018) relataram que há possibilidades de recuperação em médio e longo prazo, caso o mercado e as condições sejam favoráveis. Pereira e Silveira (2016) assinalaram que há uma perspectiva de aumento considerável na demanda por etanol, em virtude da projeção de aumento nas vendas de veículos bicomustíveis. Sob outra ótica, Manoel *et al.* (2016) descreveram que parte do endividamento do setor está atrelado à forma como as organizações financiam suas atividades.

O endividamento do setor se dá pela combinação de diferentes fatores exógenos, tais como: preço do petróleo, estoque de etanol e açúcar no mercado externo, clima, entre outros e fatores endógenos: custos de produção e produtividade, impostos, preço da gasolina ao consumidor (DEMCZUL e PADULA, 2017). Dentre esses fatores, os que o produtor pode interferir e manipular de forma direta é o custo e a produtividade de cana-de-açúcar por hectare. Ambos os fatores estão diretamente ligados ao preparo do solo e plantio.

As decisões orientadas às atividades agrícolas do setor sucroenergético determinam os investimentos requeridos e a estrutura de custos, cujos reflexos alcançam as principais métricas de desempenho do setor. Zilio e Lima (2015) afirmaram que os

fornecedores de cana-de-açúcar obtiveram prejuízos, nas safras 2007/08 e 2011/12 e que os custos de produção de cana-de-açúcar, no estado de São Paulo, estão elevados, destacando o custo com a mão de obra, que comprometeu a viabilidade da atividade neste *lócus*.

Neste sentido, Bernardes (2012) declarou que os valores recebidos pelos fornecedores pelo fornecimento da cana-de-açúcar declinaram nitidamente naquele período, em especial, pelo aumento no preço do petróleo e da inflação. Por outro lado, em pesquisas mais recentes, Bigaton *et al.* (2015) descreveram que a variação, nos custos de produção na safra 2014/2015, foi negativa. Sob outra perspectiva, Bernardes (2012) apurou que, para os fornecedores se manterem na atividade tiveram de realizar transformações no processo produtivo, para diminuir a baixa remuneração com a atividade e um dos quesitos foi a racionalização do uso de insumos por hectare.

A queda de investimento em insumos acarreta em queda de produtividade por hectare e um dos itens que corrobora, para o endividamento, ou lucro do setor, é a receita por hectare, obtida com a cana-de-açúcar. Por sua vez, vários trabalhos evidenciaram que a produtividade por hectare varia de um *lócus*, na maioria das usinas e fornecedores de cana-de-açúcar do setor sucroenergético (ZILIO e LIMA, 2015; MOREIRA; BONIZIO, 2012; OLIVEIRA FILHO *et al.*, 2015; AMORIM *et al.*; 2016; SANTOS *et al.*; 2016).

Todavia não há um consenso em um sistema único, para o preparo do solo e para o plantio de cana-de-açúcar, mesmo quando as empresas estão localizadas próximas umas das outras. Desta forma, o setor não tem convicção de qual sistema demonstra maior desempenho em relação à maior produtividade e menor custo e qual sistema poderia ser considerado o mais eficiente (BIGATON *et al.*, 2015; CONAB, 2011; NIKO *et al.*, 2013; RIPOLI e RIPOLI, 2010b).

Higgnisa *et al.* (1998) analisaram a otimização do ponto ótimo da colheita para que a produção de açúcar total recuperável (ATR) atinja o seu máximo. Neste contexto, esta tese pretende mostrar a investidores, empresários e pesquisadores o resultado da análise de 48 combinações de preparo do solo e plantio, utilizado no estado de São Paulo, relacionando essas combinações com variáveis estratégicas, na produção como custos, produtividade e maximização da receita. Não obstante, esses sistemas são avaliados de maneira econômica, considerando a volatilidade nos preços e nos custos por meio de uma análise moderada e análise de risco, incluindo todas as variáveis desses processos. Desta forma, os resultados podem auxiliar o processo de tomada decisão, a partir de uma análise mais abrangente que estende a avaliação dos sistemas de plantio junto aos seus impactos financeiros e econômicos a produtores independentes, usinas e destilarias.

As dificuldades do setor sucroenergético determinam a necessidade de repensar estratégias para a redução de custos e manter a competitividade (VIAN, 2003). Portanto, para que a produção de cana-de-açúcar, com destino às usinas e destilarias de açúcar, etanol e energia, seja economicamente viável, é necessário realizar estudos que possam contribuir para a melhoria do setor com o aumento da eficiência técnica na utilização dos insumos: no preparo do solo e no plantio. Bernardes (2012) detectou que o investimento no uso de pesquisa agrícola, para gerar inovações, vem diminuindo e que sem inovação não há incremento de produtividade e redução de custo de produção por hectare.

Buscando alternativas, para o setor ser mais competitivo, as empresas fabricantes de implementos e componentes ao setor agrícola estão buscando disponibilizar algumas soluções. Uma dessas diz respeito à substituição do plantio semimecanizado, cujas atividades são realizadas por pessoas, geralmente, para cortar, lançar e picar a cana, dentro do sulco, com o auxílio de máquinas para sulcar e cobrir a cana.

Esse tipo de plantio apresentou problemas, pois gerou ações trabalhistas e, em 16 de dezembro de 2011, a Portaria 2.546 do Ministério de Estado do Trabalho e Emprego (MTE) alterou a Norma Regulamentadora NR 31, proibindo, em qualquer circunstância, o trabalho em pé/sentado, em máquina em movimento não projetada para esse fim, que compõe carretas tracionadas por tratores e caminhões (BRASIL, 2011).

A proibição do sistema semimecanizado impulsionou o sistema totalmente mecanizado o qual significou uma inovação tecnológica que substituiu mão-de-obra no campo, diminuiu a desvantagem identificada por Ripoli e Ripoli (2010b), quando constataram que a mão-de-obra utilizada, no plantio semimecanizado, tornava a atividade menos rentável. Neste sentido, a total mecanização do plantio torna-se uma prática essencial na produção de cana-de-açúcar.

Segundo a Companhia Nacional de Abastecimento (CONAB, 2011; Afonso *et al*; 2018 e Farinelli e Santos, 2017), o consumo de mudas utilizado para o plantio mecanizado de cana-de-açúcar é, em média, de 20 toneladas por hectare e, em geral, esse montante é em torno de oito toneladas superior ao ser comparado com o semimecanizado. “Dessa forma, tal situação representa um sensível aumento de custos, mesmo considerando-se que, por outro lado, há uma redução significativa da mão de obra envolvida” (NIKO *et al*; 2013, p.423).

A transição tecnológica do plantio manual, para o plantio mecanizado, foi acompanhada de acréscimo de mudas por hectare, a desuniformidade de germinação, e o excesso de toletes nos sulcos tem sido o grande inconveniente na utilização dessa tecnologia

e, como constatado por Ripoli e Ripoli (2010b), nenhuma das plantadoras presentes no mercado teve desempenho satisfatório no quesito distribuição de toletes.

O reflexo dessa situação é a insatisfação do público-alvo integrado por usinas, destilarias e fornecedores de matéria-prima, para a produção de etanol e açúcar, com base nas tecnologias propostas pelos fabricantes de máquinas agrícolas, destinadas ao plantio de cana-de-açúcar no Brasil. No entanto, alternativas surgem para melhorar a eficiência dessa etapa de produção (*Variable Rate Technology – VRT*) taxa variável. Os resultados prévios de trabalhos empíricos comprovam a eficiência econômica e técnica deste sistema (BAIO *et al*; 2018; DEMATTE *et al*; 2014; MENEGATTI *et al*; 2006).

Atualmente, existem várias opções de preparo do solo na cultura da cana-de-açúcar, tais como: preparo convencional, preparo localizado, preparo para plantio direto, preparo reduzido com sistema de taxa fixa (TF) por média, ou com sistema de taxa variável (TV) e plantio: plantio semimecanizado, plantio mecanizado, plantio de mudas pré-brotadas, com sistema de TF por média, ou com sistema de TV.

Com tantas opções de preparo do solo, qual tipo opção é mais competitivo? Neste aspecto, Barros e Milan (2010) explicam que um bom preparo do solo, em conjunto com a quantidade necessária de reposição de nutrientes, associados à boa qualidade no plantio é essencial para proporcionar o desenvolvimento adequado da cultura da cana-de-açúcar e garantir a longevidade das soqueiras.

Sob outra ótica, entre usinas e fornecedores, qual tipo de preparo e plantio tem um menor custo por tonelada de cana por hectare e um maior rendimento econômico entre os grupos pequenos, médios e grandes?

A partir da identificação desses problemas, surge uma primeira hipótese (H1), que indica maior viabilidade econômica de usinas e fornecedores que utilizam o sistema de TV no preparo do solo e no plantio comparado aos produtores que usam o sistema de TF. Os fornecedores estratificados como grandes têm um custo de produção inferior aos pequenos e médios (H2). As usinas grandes têm um menor custo de produção por hectare entre as demais e, em consequência, a viabilidade econômica nos grupos grandes são mais favoráveis, por possuírem uma escala de produção superior aos demais (H3).

A viabilidade econômica do sistema de TV depende do rendimento agrícola que pode ser alcançado, da qualidade da produção local, da heterogeneidade do solo e do nível de fornecimento de nutrientes. Fornecer nutrientes em doses mais elevadas com potencial produtivo justifica a aplicação do sistema de TV, ocorrendo menor risco econômico. Em caso de fornecimento com altas doses de fertilizantes, buscando rendimentos mais elevados, a

utilização com o sistema TV se comportou economicamente viável com valores de rendimentos excelentes, quando comparado com o sistema aplicado em área total (GVORGY e TAKAC, 2011).

Corroborando com esses autores, Bernardes, (2012) afirmou que a produtividade tem relação com a disponibilidade de nutrientes e que os maiores ganhos de rentabilidade econômica ocorrem no intervalo das inflexões. Em outras palavras, esse intervalo se refere ao aumento do custo unitário que é menor do que o incremento de produtividade, pois essa afirmação tem como preceito o retorno marginal decrescente, visto que cada incremento em produtividade requer um acréscimo monetário de investimento ao fator de produção.

Os fornecedores de cana-de-açúcar, em especial os que possuem áreas menores, têm dificuldades para adquirir algumas máquinas para o setor agrícola, pela baixa produtividade, dificuldades técnicas e financeiras. Cabe ressaltar que os fornecedores ainda não comprovaram as vantagens econômicas da mudança do sistema, demonstrando a necessidade de ajustes, para que seja realizado o investimento na tecnificação (TORQUATO *et al*; 2015).

Por outro lado, Santos et al. (2018) afirmaram que o pacote tecnológico requerido, em todas as etapas de produção da cultura da cana, exige que os produtores rurais realizem a aquisição constante de máquinas e equipamento e/ou contratem os prestadores de serviços para que sua produção alcance uma produtividade satisfatória.

Neste aspecto, Fava Neves e Conejero (2008, p.36) a escala de produção é um fator que corrobora para a permanência dos produtores e usinas na atividade e uma alternativa é que, “no processo de desverticalização, o associativismo e o cooperativismo serão duas ferramentas muito utilizadas na busca de competitividade e sobrevivência no setor”.

A quarta hipótese (H4) é que os fornecedores têm um maior custo do preparo do solo e do plantio, pois utilizam o sistema de preparo do solo convencional com TF e executam o plantio semimecanizado com TF e, conseqüentemente, obtêm menor rendimento econômico. Sob outra ótica, Bernardes (2012) mencionou que há uma correlação perfeita, no incremento de tecnologia, com o aumento da produtividade por hectare e, por conseguinte, com a receita líquida analisada a partir de modelos bioeconômicos.

Analisando diversas formas de gestão, em nove regiões do estado de São Paulo, Nachiluk e Oliveira (2013) confirmaram que o custo operacional total (COT) do sistema de plantio manual, realizado por fornecedores na região de Ribeirão Preto, foi o de menor custo por hectare. Cabe ressaltar que a maioria dos fornecedores desta região terceiriza, em maior parte, as tarefas que envolvem as operações realizadas com mão de obra no plantio manual.

Os trabalhos até então realizados foram pontuais, sendo classificados como um estudo de caso e ensaios agrônômicos. Os resultados estão condicionados ao número de amostras executadas, ao tamanho da propriedade e à classificação econômica da cultura em cada período da pesquisa. Sendo assim, este assunto carece de novas pesquisas e de uma amostragem satisfatória em termos de representatividade.

Neste contexto, o trabalho de Silva e Moraes (2010) não explorou quais foram os resultados do uso do sistema de taxa variável no sistema agrícola. Fatores esses necessários para colaborar com a competitividade do setor. Neste sentido, esta hipótese busca investigar se há benefícios econômicos e técnicos com a implantação desta tecnologia, no preparo do solo e no plantio da cana-de-açúcar, pois Bernardes (2012) descreveu que o manejo ótimo seria a combinação de fatores de produção que resultasse à máxima rentabilidade em R\$ e não àquela que gerasse máxima produtividade por hectare.

Portanto, é indispensável para uma usina e/ou fornecedor, o conhecimento dos tipos de preparo do solo e plantio utilizados no estado de São Paulo para manter e/ou melhorar seu desempenho agrícola e contribuir para a obtenção de competitividade no setor.

Nesta perspectiva, uma revisão teórica relacionada ao problema de pesquisa foi apresentada na introdução e, na revisão de literatura, foi abordada a competitividade do setor sucroenergético, alguns conceitos sobre a teoria da firma e sobre a análise de Monte Carlo, assim como os principais tipos de preparo do solo e plantio. Ainda neste tópico, a metodologia teve como desdobramento as ferramentas necessárias para responder aos objetivos, utilizando dados secundários e primários para a realização dos fluxos de caixa nas análises.

As análises tiveram como pressupostos identificar os custos com mão de obra, mecanização e insumos de todos os tipos de preparo do solo e plantio, além de identificar o custo por tonelada de cana, a partir da produtividade de cada sistema e, também, analisar a viabilidade econômica e de risco entre os tipos de produtores segundo a escala de produção (pequeno, médio e grande), tendo como parâmetro o maior percentual estratificado encontrado em cada grupo (Capítulo 1).

No capítulo 2, foi realizada uma análise para identificar o modelo que proporciona às usinas e aos fornecedores maior maximização de receita, além de identificar o percentual de área dos canaviais que estes grupos devem reformar para maximização da produção, por meio dos custos mínimos, médio e máximos.

Sendo um estudo empírico que têm como base as informações fornecidas pelos produtores de cana-de-açúcar sobre os sistemas de preparo do solo e plantio por eles

utilizados, deve ser considerado que informações como tipo de solo, variedades utilizadas e outras variáveis associadas diretamente à produção de cana-de-açúcar e que não fizeram parte da pesquisa, se apresentam como possíveis restrições aos resultados conclusivos. Entretanto, este trabalho se converte em uma fonte de informação para produtores de cana-de-açúcar, que permite definir e comparar até que ponto suas estratégias de preparo do solo e de plantio conseguiriam reduzir os custos e maximizar a produção.

1.2. OBJETIVO

1.2.1 Objetivo Geral

Analisar as operações agrícolas do preparo do solo e do plantio de cana-de-açúcar do setor sucroenergético comparando a viabilidade técnica, econômica, financeira e de risco entre usinas e fornecedores de cana-de-açúcar.

1.2.2 Objetivos Específicos

I) Comparar os custos e a produtividade dos tipos de preparo do solo e plantio e a viabilidade econômica e de risco entre usinas e fornecedores de cana-de-açúcar.

II) Analisar a maximização da receita e a minimização dos custos totais em 48 opções de sistemas de preparo e plantio utilizados por usinas e fornecedores.

III) Analisar o percentual de área reformada e o aumento de produtividade entre usinas e fornecedores.

2 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

De um modo geral, os agentes das organizações tomam as suas decisões para maximizar os seus lucros. Esse fato pode ocorrer tanto no sentido de utilizar o potencial máximo de sua capacidade e ter ganhos de produtividades, como também trabalhar no sentido de reduzir custos.

Neste sentido, este próximo tópico irá mostrar esta abordagem, com base na matriz *SWOT* (*Weaknesses, Strengths, Opportunities, Threats*) e nas vantagens e desvantagens proporcionadas, em cada tipo de preparo do solo e plantio, prevalecendo, para algumas empresas, vantagens competitivas em relação às outras sugestões competitivas utilizadas pelo setor sucroenergético.

2.1 Análises do setor sucroenergético

Um dos fatores de aumento de produção de cana-de-açúcar no Brasil é em razão do incremento da demanda por etanol no mercado interno (MORAES *et al.*; 2017) e por apresentar rendimentos agrícolas e eficiência industriais consideráveis, quando comparados a outras culturas, que também servem para a produção de álcool como milho e beterraba. Para Cavallet *et al.* (2012), um dos motivos da eficiência industrial é a sua otimização, tendo opção para produzir etanol ou açúcar e, segundo Farinelli e Santos (2017), a opção de produzir determinado produto está atrelada à oscilação dos preços.

Desse modo, a cana-de-açúcar é uma cultura de importância, para o agronegócio brasileiro que, por meio da produção de etanol e açúcar, tanto para consumo interno como para exportação, contribui para o desenvolvimento do país, sendo que o Brasil é o maior produtor mundial de açúcar, 21%, seguido por Tailândia 16%, Austrália 5%, Índia 4% e União Européia 4% e outros países 50% (UNICA, 2017);(BRINKMAN *et al.*; 2018).

Segundo Farinelli e Santos (2017), esta cultura representa uma tradição no Brasil desde o período colonial; possui fatores climáticos propícios; utiliza tecnologia com intensidade; tem organização no setor, que constituem fatores fundamentais para a produtividade e expansão territorial. Ademais, o Brasil possui áreas produtoras, nas regiões Centro-Sul e Nordeste, permitindo duas safras anuais e, assim, durante todo o ano, o Brasil produz açúcar e etanol de cana-de-açúcar para o mercado interno e externo.

Cada vez mais, o país caminha para aumentar a produção de combustível renovável como explicado por Brinkman *et al.* (2018). Gilio e Moraes (2017) acrescentam que, com isso, diminua a dependência do petróleo e espera-se, segundo a FAO (2017), que o

Brasil expanda sua produção de etanol para seis bilhões de litros até 2026. Sozinho et al. (2018) afirmaram que há perspectivas de aumento da produção de etanol a partir de cana-de-açúcar no Brasil em outros países.

Neste sentido, os dados demonstram que a área com a cultura da cana-de-açúcar apresenta um crescimento de 38% da área plantada, 64% da quantidade produzida e de 62,25% do valor bruto da produção entre 1993-2014 (CONAB, 2015).

O **Quadro 1** – com base na matriz *SWOT* – apresenta alguns pontos fortes, pontos fracos, ameaças e oportunidades do setor, baseado na matriz *SWOT* (*Weaknesses, Strengths, Opportunities, Threats*), em um futuro próximo, em nível nacional e internacional para o setor sucroenergético.

Quadro 1–Oportunidades e ameaças, pontos fortes, fracos.

OPORTUNIDADES	AMEAÇAS
Modificação genética da cana com resistência à seca e às pragas (FAVA NEVES e CONEJERO, 2008).	Aumento no custo de produção nos últimos anos (BARROS e MILAN, 2010); (PECEGE, 2014).
Aumento de produção de mais de 40% de etanol nos próximos 10 anos (FAO, 2017).	Queda de produtividade (UNICA, 2015).
Estratégia de desenvolvimento de novos produtos a partir da cana-de-açúcar (FAVA NEVES e CONEJERO, 2008).	Queda de receita para o setor sucroenergético (TREVISOLI e NEVES, 2015).
PONTOS FORTES	PONTOS FRACOS
Baixo custo de produção agrícola e industrial, quando comparado a países concorrentes (PECEGE, 2014).	Insatisfação técnica sobre a transição tecnológica do preparo do solo, plantio e da colheita da cana-de-açúcar (RIPOLI e RIPOLI, 2010b); (FARINELLI e SANTOS, 2017).
Expansão da produção da cana-de-açúcar no estado de Goiás, Minas Gerais e Mato Grosso do Sul, (UNICA, 2017); (UDOP, 2016).	Custo elevado para tecnificar o preparo, plantio e a colheita da cana-de-açúcar (FARINELLI e SANTOS, 2017).
Evolução no aumento da mecanização no plantio da cana-de-açúcar (SANTOS 2015).	Queda de produtividade e de ATR nos últimos anos (FAVA NEVES 2019).

Fonte: Elaborado a partir de BARROS e MILAN (2010); FARINELLI e SANTOS (2017); FAVA NEVES e CONEJERO (2008); FAVA NEVES (2019); FAO (2017); (PECEGE, 2014); (UNICA, 2015) e UNICA (2017).

Em consoante aos relatos mencionados no Quadro 1, a oportunidade gerada por novos produtos - plástico biodegradável, e uma maior predominância para geração de

eletricidade, em especial a partir do ano 2000, pois com a privatização do setor de energia elétrica, em 1999, despertou o interesse de muitas usinas e destilarias pelo país, ao conceder uma nova oportunidade de negócio. Trombeta e Caixeta Filho (2017) relataram que a energia elétrica, a partir do bagaço e/ou palha da cana, é um importante produto na geração de receitas para as usinas.

Mendes *et al.* (2017) afirmaram que a produção de energia de uma usina está associada ao teor de fibra e à composição química do tipo de cana-de-açúcar processada, que varia em diferentes percentuais, ou seja, uma variedade com baixo teor de fibra tem uma melhor eficiência na produção de etanol de 2ª geração.

De outro modo, o baixo teor de fibra influencia a produção de eletricidade em usinas que utilizam a cana-de-açúcar como matéria-prima de 1ª geração. Hoff e Guerini (2016) afirmam que parte da fibra gerada nas usinas vem das propriedades dos fornecedores de cana-de-açúcar e uma parcela desta classe está insatisfeita, pois os produtores não são remunerados pelo bagaço, subproduto da cana-de-açúcar. Garcia, Vilpoux e Cereda, (2017) relataram que a fibra é comercializada em rede nacional, sem considerar a origem dos subprodutos da cana-de-açúcar, sejam produzidos pela palha da cana-de-açúcar ou pelo bagaço.

Romera et al. (2016) sugeriram um modelo multivariado, para a análise da fibra, no bagaço da cana-de-açúcar, como alternativa para substituir esse componente no CONSECANA, denominado de *Spectroscopy*.

Neste aspecto, Paulillo e Mello (2009) argumentaram que este setor possui os componentes: fornecedores de insumos agrícolas e de serviços; unidades de processamento de açúcar e etanol e *tradings* de exportação advindas dos produtores de cana-de-açúcar, sendo este último um dos agentes analisados nesta tese.

O complexo agroindustrial da cana-de-açúcar tem tendência a ser um sistema verticalizado, em que o grupo industrial (usineiro) é o proprietário das terras ou arrendatário do canavial e de toda a estrutura de produção máquinas e implementos e, de acordo com Fava Neves e Conejeiro, (2008, p. 68), “podem incorporar um ou mais de seus fornecedores (integração para trás), comprar distribuidores (integração para frente) ou ainda incorporar concorrentes, caso não haja restrições legais (integração horizontal)”.

Um exemplo de modelo de integração segundo Neves e Conejero (2008), o que alguns grupos vêm utilizando, como o ZILOR, na região de Lençóis Paulista, interior do estado de São Paulo. Esse grupo fez parcerias com grandes fornecedores, que possuem uma estrutura completa do plantio à colheita, no repasse de suas áreas agrícolas, em um raio de até

100 km e que seja propícia ao cultivo de cana-de-açúcar. Sendo assim, o próximo tópico mostra alguns aspectos sobre os fornecedores de cana-de-açúcar.

2.1.1 Sistema CONSECANA

Uma das principais funções do CONSECANA é definir o preço por tonelada de cana-de-açúcar que tem como destino a fabricação de açúcar e etanol, em qualquer usina e destilaria, para as quais é realizada a análise de Açúcar Total Recuperado (ATR). Hoff e Guerini (2016) detectaram que a sistemática de precificação, desenvolvida pelo CONSECANA – SP (2006) é instituída de acordo com uma escala mundial das usinas, com base no teor de sacarose da matéria-prima.

As associações colaboraram para a criação do Conselho dos Produtores de Cana-de-Açúcar, Açúcar e Etanol do Estado de São Paulo (CONSECANA, 2006), o qual foi responsável pela criação do sistema de remuneração denominado pelo seu próprio nome.

Este conselho foi “criado para governar as relações de compra e venda de cana no Estado de São Paulo e tem servido como referência para outros estados produtores” (PAULINO *et al*; 2008 p. 47).

O número de amostra está condicionado à quantidade de cana que será entregue - processada na usina, sendo que é realizada a média de todas as análises entre o dia primeiro até o dia 30 de cada mês. Com o valor médio da ATR do mês, a próxima etapa consiste em multiplicar a quantidade de quilos de ATR pelo valor da ATR do mês, de acordo com os padrões estabelecidos pelo Conselho dos Produtores de Cana-de-Açúcar e Álcool do Estado de São Paulo (CONSECANA, 2006). Essas análises são realizadas em laboratórios certificados que contam com aparelhos, tais como a sonda oblíqua, o desintegrador, a prensa, o refratômetro e o leitor de sacarose.

Esses aparelhos são aferidos e fiscalizados por fiscais de sacarose, contratados pelas associações regionais. Além disso, esse sistema faz com que produtores sintam mais estímulo a produzir uma matéria com mais qualidade e as usinas a terem uma melhor eficiência na comercialização dos seus subprodutos. Hoff e Guerini (2016) afirmaram, em entrevistas realizadas com fornecedores de cana-de-açúcar, que os cálculos do CONSECANA, (2006) são complexos e que muitos fornecedores desconhecem toda a sua sistemática. A seguir, no próximo tópico, demonstram-se os aspectos econômicos da produção de cana, açúcar e etanol.

2.2 Análise dos fornecedores de cana-de-açúcar

Em relação aos fornecedores, segundo a Confederação da Agricultura e Pecuária do Brasil (CNA, 2007), existem três categorias de produtores no setor sucroenergético, que são fornecedores de cana, representados pelo grupo que arca com os custos de produção e vendem a matéria-prima para as usinas.

Segundo a CNA, (2007), existem os fornecedores que fazem somente algumas etapas das atividades agrícolas, como: o preparo, plantio, tratos culturais e/ou colheita, terceirizando para a própria usina, ou para outros fornecedores que prestam serviço às demais e têm também os fornecedores que fazem todas as operações da cultura.

Neste aspecto, ambas as opções, segundo Hoff e Guerini (2016), no contrato entre os fornecedores e usinas, os fornecedores utilizam seus próprios meios para cultivar a cana-de-açúcar em suas terras, ou em áreas arrendadas, com o compromisso de entregar a matéria-prima à usina, seja na esteira, ou em pé no campo, necessitando, na grande maioria dos fornecedores, da estrutura de colheita e transporte da usina.

Outra opção são os parceiros agrícolas que emprestam a sua propriedade às usinas e, em troca, recebem uma participação nos lucros/prejuízos. Todavia, de um modo geral, esse tipo de grupo é caracterizado por uma parcela muito pequena do setor sucroenergéticos. Hoff e Guerini (2016) afirmaram que os produtores de matéria-prima, denominados de parceiros, possuem contratos firmados que podem variar de produtor a produtor.

Os arrendatários com 71,2% representam a maior parte das terras em que as usinas do estado de São Paulo e Paraná cultivam cana-de-açúcar, (PECEGE, 2014). Petrini et al. (2017) atestam que os pequenos fornecedores de cana-de-açúcar do estado de Goiás – Brasil, que arrendaram suas propriedades, na maioria das vezes, foi em decorrência da escassez de mão de obra e dificuldades de rentabilidade econômica, proporcionada por outras culturas, como: arroz, feijão e milho.

Segundo Zorzo (2015), este número de arrendatários, nos estados de São Paulo e Paraná, justifica-se pelo fato de o elevado valor monetário das terras. Esse grupo de produtores aluga sua propriedade às usinas e, em contrapartida, recebe uma remuneração fixa, em 121,97 kg de Açúcar Total Recuperado (ATR). Esse valor é multiplicado pelo valor estabelecido pelo CONSECANA no final da safra de cana ano. Um exemplo foi o valor da safra 2013-2014 foi 0.4572. O valor de ton./(ha) recebido pelos fornecedores, nesta mesma

safrá, foi de 21,1 (ton./ha.), correspondendo a um valor monetário de R\$ 1.171,00/ha (PECEGE, 2014).

Cabe ressaltar que os sistemas de produção do setor sucroenergéticos, na região Centro Sul, envolvem pequenos, médios e grandes produtores de terras, que, em suas propriedades, aplicam alta tecnologia e métodos de gestão mais eficientes que em outras regiões do país.

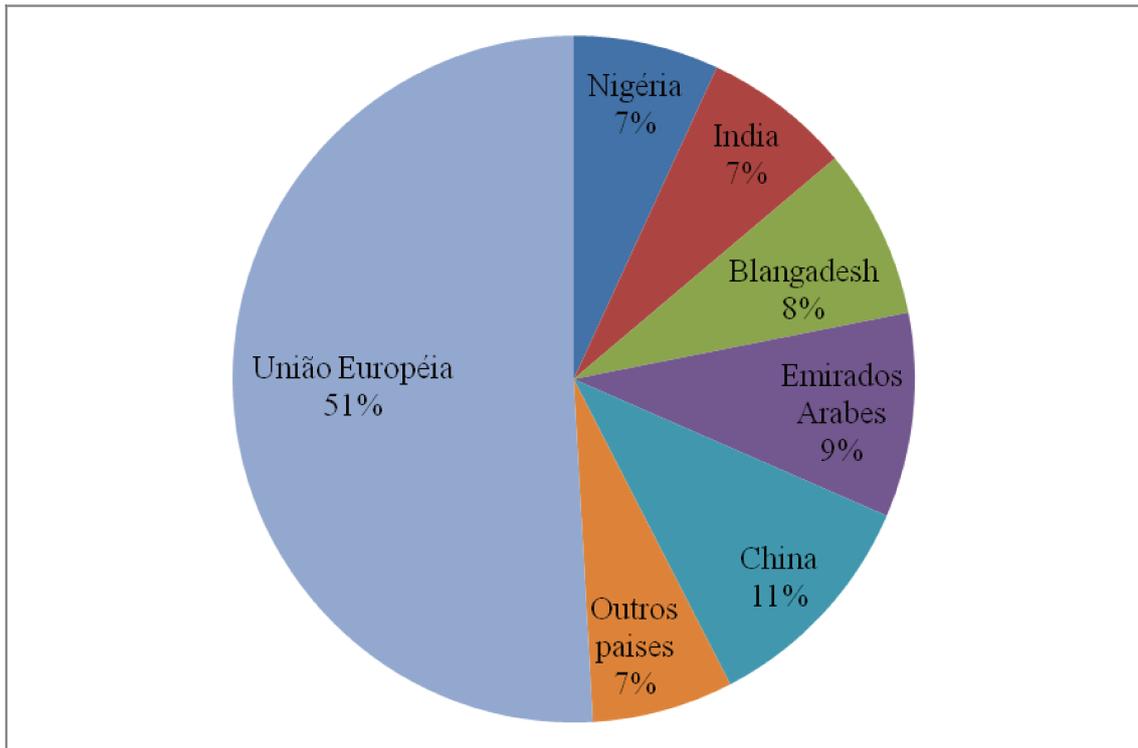
Conforme a ORPLANA (2010), o estado de São Paulo registrava 18.078 fornecedores de cana-de-açúcar; esse montante representava 89% de toda a matéria-prima fornecida às usinas da região Centro Sul. A produtividade desse grupo teve um acréscimo de três toneladas, se comparada com a safra 2012-2013, chegando a 80 toneladas por hectare. Todavia, a qualidade da matéria-prima foi 133,28 kg/ATR por tonelada de cana-de-açúcar, sendo que esse resultado foi inferior a 8% quando comparado com a safra anterior. Esse fato foi em decorrência da maior quantidade de chuva no período da colheita da cana-de-açúcar nesta região (PECEGE, 2014).

Para o Banco do Brasil (2015), a diferenciação entre os produtores pequenos, médios e grandes é realizada pela renda bruta agropecuária anual, sendo considerado pequeno produtor aquele com renda inferior a R\$ 360.000,00; médio produtor com renda entre R\$ 360.000,00 a R\$ 1.600.000,00 e grande produtor, renda superior a R\$ 1.600.000,00.

A produtividade e a qualidade da cana-de-açúcar de fornecedores e usinas são fundamentais para inferir, no saldo da balança comercial deste setor, relatado nas ameaças do Quadro 1. Para compreender mais sobre alguns aspectos que determinam o preço da tonelada de cana-de-açúcar, segue-se uma breve descrição do sistema CONSECANA.

2.3 Aspectos econômicos da produção de cana, açúcar e etanol

Os principais importadores de açúcar brasileiro são apresentados no **Gráfico 1**. Os valores monetários referentes a esse Gráfico 1 correspondem a 8,5 US\$ bilhões, uma queda de 29% em comparação com a safra 2013/2014 (UNICA, 2015).

Gráfico 1- Países importadores de açúcar do Brasil

Fonte: Elaborado a partir de UNICA (2017).

A predominância da exportação de açúcar do Brasil, na safra 2017, foi a União Europeia, que importou o equivalente a 360.240 toneladas, 53,5% inferior à safra 2013-2014 (UNICA, 2017). Todavia, a diferença, no mesmo período para o continente asiático foi 4,74% menor (UNICA, 2017). Esse fato é reflexo da flexibilidade das usinas conseguirem produzir açúcar e etanol ao mesmo tempo e cumprirem contratos de entrega com as exigências impostas pelo mercado internacional, que contou com o respaldo de duas importantes associações a UNICA e a ORPLANA. Mendes et al. (2017) identificaram que a flexibilidade das usinas produzirem quantidades variadas de etanol e açúcar dependem dos seus contratos e condições do mercado

Mesmo tendo essa flexibilidade, o setor sucroenergético vem passando por dificuldades, segundo alguns autores como Trevizoli e Neves (2015), os rendimentos monetários por hectare de cana-de-açúcar estão menores e um dos motivos está relacionado aos custos de produção, pois se entre 2002 a 2010 era de US\$ 15 por tonelada de cana, em 2015, esse valor dobrou para US\$ 30 (TREVIZOLI e NEVES, 2015).

As evidências mencionadas anteriormente corroboraram em parte, para a desestabilização monetária do setor sucroenergético nos últimos anos, pois, somente em 2015,

foram 13 usinas no Brasil que entraram com pedido de concordata e falência, totalizando 85 usinas ou 23,8%, das 357 de todas as usinas e destilarias ativas no Brasil (CONAB, 2015), em decorrência do alto nível de endividamento do setor, em 2015, que ultrapassou R\$ 95 bilhões, cujo valor é maior que a receita obtida no setor (TREVISOLI e NEVES, 2015).

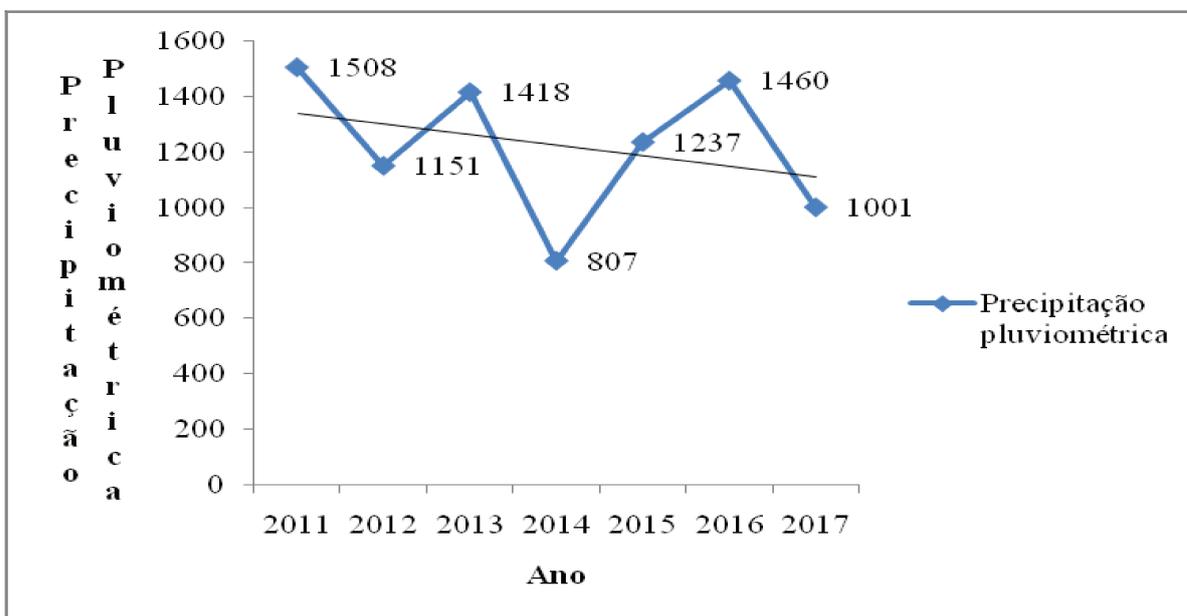
Demczul e Padula (2017), confirmando outras ameaças para o setor, relataram, em sua pesquisa, que, para se ter viabilidade econômica na produção de etanol, o preço da gasolina tem que ser de US\$1,95 por litro, ou R\$ 7,58¹, o que era muito maior para o período de US\$ 1,26 por litro cobrado, ou R\$ 3,99.

Um dos motivos da queda de produtividade, no cenário atual, é reflexo da mudança da forma de produzir cana-de-açúcar, conforme mencionado no Gráfico 1 e, em perspectivas futuras, a simulação de Hernandez *et al.* (2018) mostrou que o aumento da área com cana-de-açúcar, nos próximos 12 anos, tem expectativas de atingir 13,6 milhões de hectares com cana-de-açúcar e tendem a criar cenários com ‘picos’ maiores de estiagem, impactando diretamente na produtividade dos canaviais. Assim, quanto menor for a quantidade de chuva, no ano e/ou maior for a estiagem, menor será a produtividade de um canavial no ano corrente e na próxima safra. Esse fato é comprovado, ao analisar a precipitação pluviométrica de 2015 de Ribeirão Preto, uma das principais regiões produtoras de cana-de-açúcar do Brasil.

O **Gráfico 2**, e a produtividade do mesmo ano, ao comparar a precipitação pluviométrica de 2016, do mesmo gráfico, e o maior valor da produtividade mencionado pela (UDOP, 2016), entre 1990 a 2015, 86 toneladas. Em 2016, a precipitação pluviométrica foi 16% superior ao valor médio entre 2011 a 2017.

¹ Valor referente ao dólar americano a R\$ 3,89

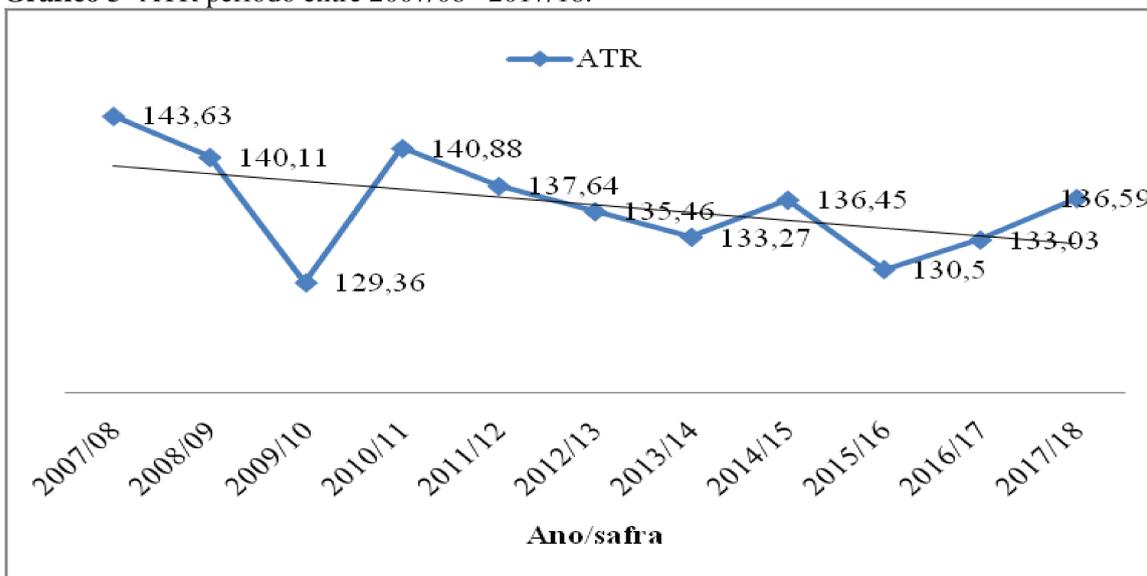
Gráfico 2- Precipitação pluviométrica de Ribeirão Preto entre janeiro de 2011 a dezembro de 2017.



Fonte: Elaborado a partir de CIAGRO 2018.

A diferença entre a menor precipitação 2014 e a maior precipitação de 2011, foi a média entre 2011 a 2017 de 1.226 milímetros. No entanto, além do valor da tonelada da cana-de-açúcar, a quantidade média de ATR produzida por tonelada de cana-de-açúcar, no estado de São Paulo, está diminuindo, pois, ao analisar a linha de tendência entre 2007 a 2017, conforme mostra o **Gráfico 3**.

Gráfico 3- ATR período entre 2007/08– 2017/18.



Fonte: Elaborado a partir da UNICA (2017).

Na safra 2009/10, o ATR apresentou o menor valor por tonelada, dos últimos 11 anos, ficando 5,1% menor, que o valor médio, quando consideradas as safras de 2007/08 a 2017/18 (136,08 kg/ATR/ha.). Essa diferença mostra que o setor poderia ter reembolsado o equivalente a R\$ 2.280.096 milhões. Este valor foi encontrado pela produção da safra em 2017, 585.000 mil toneladas, multiplicado pela projeção do valor médio do ATR referente a essa safra R\$ 0,58 (UNICA, 2017).

Ao comparar o preço do Açúcar Total Recuperável (ATR) (R\$/ATR), percebe-se que houve um acréscimo de 64,65% de 2003 até 2015 e o IGPI- DI, no mesmo período, foi 77,12%, ou seja, o índice está defasado em 12,47% (UDOP, 2017).

Outro fator que contribuiu, para diminuir a receita, foi o surgimento de algumas pragas, como *sphenoforus levis*, chegando, em alguns casos, a uma redução na produção de até 30 toneladas por hectare (PERES, *et al*; 2009). Atualmente, esta praga tem sido uma das mais consideráveis em termos de produtividade por hectare no Brasil (PAVLU e MOLIN, 2016). No entanto, ainda, não existe um controle químico total para essa praga, sendo que a eficiência máxima é de 83%, em cana soca² nos primeiros 30 dias, diminuindo sua eficiência aos 90 dias para 53% (CUSTÓDIO *et al*; 2017). O trabalho de Pavlu e Molin, (2016) mostrou a redução do uso de defensivos, no controle do *sphenoforus levis*, quando utilizada a aplicação localizada, conhecida como taxa variável (TV).

Houve também a erradicação de algumas variedades, antes de completar o seu ciclo, destacando: SP 81-3250; CTC 15; SP 89-1115, a partir da safra 2013-2014, por apresentar sensibilidade à ferrugem alaranjada (*Puccinia Kuehnii*). As perdas foram estimadas em 30 toneladas por hectare e 10% a menos de produção de ATR. Entretanto, juntas essas variedades representavam mais de 16% de todas as variedades cultivadas, na região Centro Sul, na safra 2013-2014 (STAB, 2013).

Todos esses fatores elevaram o risco econômico no setor e os investidores estrangeiros deixaram de investir. Com risco alto e com baixa probabilidade de retorno econômico, o percentual de inadimplência do setor aumentou, conforme Quadro 1 mostrou e as instituições financeiras diminuiram a oferta de créditos.

Segundo Zorzo (2015), após um painel para validação de indicadores de sustentabilidade, para o sistema de produção de cana-de-açúcar na região Centro Sul do Brasil, com 60 representantes de grupos de usinas, 33 de associações de fornecedores de cana-de-açúcar e 233 especialistas acadêmicos, concluíram que o setor carece de investimentos em

² É considerada a cana que rebrota depois do primeiro corte e/ou outros cortes.

inovação e tecnologia, principalmente no campo. Os pontos fracos do Quadro 1 mostraram, além das ameaças referentes ao aumento dos custos agrícolas que subiram, consideravelmente, da qualidade final do processo agrícola que não está sendo vista como eficiente por membros do setor tanto para usinas, quanto para fornecedores, em especial, no preparo do solo, plantio e colheita. Cortez (2016) afirmou que a qualidade da plantação de cana-de-açúcar afeta a longevidade do canavial, o rendimento de produção por hectare, os custos de produção e a rentabilidade. Com tantas incertezas nesta atividade, torna-se relevante apresentar alguns métodos para analisar os riscos. Neste caso, a simulação de Monte Carlo corrobora para minimizar os riscos em projetos e vem sendo muito utilizada em empresas e na academia, sendo apresentada no próximo tópico. Mas antes abordaremos os aspectos microeconômicos aplicados à gestão da produção de cana-de-açúcar.

2.4 Aspectos Microeconômicos, riscos e análise de Monte de Carlo aplicado a gestão da produção de cana-de-açúcar

Menardi, (2018) enfatizou que a maioria dos conceitos sobre a teoria microeconômica desenvolvida, ao longo dos últimos anos, seguiu os preceitos de Ronald Coase.

No mesmo aspecto, Vian (2003, p.17) afirmou que “a teoria microeconômica Neoclássica, analisou o comportamento das firmas e dos consumidores, explicando o mecanismo de fixação de preço e o cálculo de volume produzido demandado e dos custos de produção”. Pohlmann, et al. (2004) relataram que a teoria Neoclássica tratava em detalhes os custos de produção para tratar o comportamento e a teoria da firma.

Em outras palavras, Santos, Calíope e Coelho (2015) afirmaram que este tipo de teoria tem outras funções, além de entrar insumos e sair produtos, pois tem a função de coordenação dos agentes econômicos, incidindo em custos em razão da coleta e do processamento das informações e transformando-as em contratos que simbolizam as transações. Para a microeconomia neoclássica, a função de lucro da firma é dada pela Equação 1.

$$L(q) = RT(q) - CT(q) \quad (01)$$

Esta equação é derivada dos pressupostos discutidos no trabalho Foss, (1997), em que O Lucro (L), então, é resultado da diferença das funções de Receita (RT) e Custo (CT) que estão em função da quantidade produzida (q), concordando com o apontamento de Vian (2003). Cumpre ressaltar que, de forma distinta da estrutura de custos da contabilidade, a teoria econômica inclui nos custos, o custo de oportunidade das firmas e trabalha com o

conceito de regime de caixa e não de competência, como tradicionalmente é estruturada a demonstração financeira de uma empresa.

Tigre (2005) relatou que a teoria Neoclássica, a partir do século XX, foi reconhecida pela concepção de firma tratada como agente individual, o qual aplica o princípio da maximização do lucro. A maximização do lucro ocorre, quando a diferença entre a receita e o custo é a mais elevada, considerando que a variação na quantidade exerce impacto distinto no preço e custo unitário. A Equação 2 demonstra a identidade clássica na maximização do lucro.

$$\frac{dL(q)}{dq} = \frac{dRT(q)}{dq} - \frac{dCT(q)}{dq} = RMg(q) - CMg(q) \quad (02)$$

A variação da receita, em razão da variação na quantidade, é definida pelo rendimento marginal (RMg) e, igualmente, o custo marginal (CMg) é encontrado pela variação do custo com a variação da demanda. Assim, a maximização do lucro será obtida na quantidade que proporcione a maior diferença entre o rendimento marginal e o custo marginal.

Além de maximizar o lucro, faz-se necessário identificar tais riscos que estão presentes na vida cotidiana das organizações. Neste aspecto, o gerenciamento de riscos é universal, mas, na maioria das circunstâncias, uma atividade não estruturada, baseada em senso comum, conhecimento relevante, experiência e instinto.

Um risco pode ter uma ou mais causas e, se ocorrer, pode ter um ou mais impactos. Uma causa pode ser um requisito, suposição, restrição ou condição dada que cria a possibilidade de resultados negativos ou positivos (REHACEK, 2017).

Além dos fatos mencionados, o gerenciamento de riscos em projetos trata das incertezas nas estimativas e premissas dos projetos. Portanto ele se baseia e se estende a outros processos do gerenciamento de projetos. Existe um paradoxo sobre riscos dos projetos que afeta a maioria dos projetos, uma vez que, nos estágios iniciais, o nível de exposição ao risco está no seu máximo, mas as informações sobre os riscos são mínimas (REHACEK, 2017). Como em muitos casos, é difícil determinar o valor da probabilidade de risco diretamente e, para calcular o valor do impacto do risco, são usados métodos alternativos de expressão dos valores (DOSKOCIL e LACKO, 2018; RODRIGUES *et al*; 2016; BEN-ASHER, 2008).

Segundo Zwikael et al. (2014), para executar os métodos com maior precisão, a execução bem-sucedida de um projeto requer uma avaliação contínua do *status* do projeto,

levando em consideração o êxito da meta. Uma comparação pode ser feita com projetos bem estruturados. Por essa razão, os métodos flexíveis são aplicados em projetos, a fim de avaliar o seu andamento em marcos que, com atitude superficial e não profissional, podem resultar em avaliações imprecisas e irrealistas do *status* do projeto (NAENI *et al.*, 2011; DOSKOCIL; LACKO, 2018). Dentre vários métodos para analisar os riscos, a simulação de Monte Carlo corrobora, para minimizar os riscos em projetos a qual vem sendo muito utilizada, em empresas e na academia, sendo apresentada no próximo tópico.

A técnica de Monte Carlo (MC) consiste em um método numérico que utiliza números aleatórios, para resolver problemas matemáticos, para os quais uma solução analítica não é conhecida. O primeiro artigo, "*The Monte Carlo Method*" de Metropolis e Ulam, foi publicado em 1949, apesar de certos problemas estatísticos já serem resolvidos, usando números aleatórios, antes da divulgação deste artigo clássico. Como a simulação de números aleatórios é muito demorada, o MC tornou-se prático apenas com o advento dos computadores (TEREJANU, 2002).

Joubert e Pretorius (2017) declaram que a simulação de Monte Carlo (SMC) é uma técnica matemática computadorizada que permite calcular os riscos na análise quantitativa e na tomada de decisões. De acordo com Hillson (2009), a SMC é usada para executar a análise de risco, desenvolvendo modelos de possíveis resultados substituindo uma faixa de valores, na forma de uma distribuição de probabilidade, por qualquer fator em um projeto que tenha incerteza inerente.

A ação da técnica de simulação não é, de fato, um processo de otimização de decisão. Resolver problemas, usando técnicas de simulação, envolve o uso de algoritmos interativos e a existência de etapas bem determinadas para atingir o objetivo. Os dados de entrada são geralmente variáveis aleatórias geradas por um gerador de números aleatórios (PLATON e CONSTANTINESCU, 2014; BALCOMBE e SMITH, 1999). Segundo Terejanu (2002), mesmo que a "variável aleatória" justifique que não se pode prever seu valor, a distribuição pode ser bem conhecida. A distribuição de uma variável aleatória fornece a probabilidade de um determinado valor.

No contexto do software de simulação, o risco é definido como incerteza ou variabilidade no resultado de algum evento ou decisão. A SMC permite agregar variação, em um sistema resultante de variações no sistema, para um número de entradas, em que cada entrada tem uma distribuição definida e as entradas são relacionadas à saída através de relacionamentos definidos (SATO e HIRAO, 2013; JOUBERT e PRETORIUS, 2017).

As ferramentas computacionais que permitem a aplicação da SMC são utilizadas por profissionais do mercado, desde a negociação até o gerenciamento de riscos (PANG *et al.*, 2015). Para Kwak e Ingall (2009), a principal vantagem de usar a SMC em projetos é o fato de ser uma ferramenta extremamente eficiente no que diz respeito a tentativas de quantificar os efeitos potenciais das incertezas dos projetos. A aplicação da SMC ajuda a quantificar e justificar as contingências apropriadas, para lidar com os eventos de risco, que ocorrerão durante o ciclo de vida do projeto.

Na prática, embora os processos de simulações na avaliação ajustada por opções possam ser relativamente fáceis de implementar, é um desafio bem conhecido que a convergência e a precisão desejadas só podem ser alcançadas ao custo de longos tempos computacionais (PANG *et al.*, 2015).

Um dos trabalhos mais importantes sobre o Método de Monte Carlo (MMC), na seleção de projetos de investimento, foi o denominado “*Cost Estimating Uncertainty Using Monte Carlo Techniques*”, conduzido pela *RAND Corporation* para os militares americanos. Neste documento, as discussões baseiam-se em fazer uma seleção de projetos com base em seu custo. O autor enfatizou que um único valor determinístico não é um bom indicador de seleção e que precisamos de variáveis estocásticas definidas pela média, desvio-padrão, assimetria, entre outros, para tomar uma decisão ótima na escolha de um projeto (PLATON; CONSTANTINESCU, 2014). O próximo tópico irá apresentar o sistema de produção da cana-de-açúcar.

2.5 Sistema de produção da cana-de-açúcar

Esta seção apresenta os tipos de preparo do solo e plantio mais utilizados na cultura da cana-de-açúcar, para os quais são indicadas suas vantagens e desvantagens.

2.5.1 Definições dos sistemas de preparo do solo e suas características

O conceito de sistema agroindustrial se resume nas relações existentes entre os seus macrosegmentos, seus subsistemas e o seu fluxo de suprimentos.

O sistema de produção é constituído pelo conjunto de sistemas de cultivo, no âmbito de uma propriedade rural, definidos a partir dos fatores de produção (terra, capital e mão de obra) e interligados por um processo de gestão, os quais são classificados por meio da sua complexidade e por grau de interação entre os sistemas de cultivo que formam tais sistemas de produção (HIRAKURI *et al.*; 2012).

Cabe ressaltar que, no caso da cultura da cana-de-açúcar, a complexidade e os tipos de sistema são basicamente três. Segundo Hirakuri et al. (2012), o primeiro é o monocultivo e ocorre quando, em uma determinada área, a produção vegetal se dá de forma isolada, em um período específico, sem o cultivo de outra cultura. O segundo é o policultivo; nesse tipo de sistema, duas culturas ocupam a mesma área, no mesmo período. Exemplo: cultivo de cana-de-açúcar no sistema de meiose, intercalado com outra cultura. O terceiro é a rotação de cultura, em que o sistema ocorre quando, em uma área específica, diferentes espécies são cultivadas, temporal e sazonalmente. Exemplo: cultivar algum tipo de cultura anual (soja, amendoim), quando termina o ciclo da cana-de-açúcar; o sistema de produção de cana-de-açúcar envolve as etapas, como: preparo do solo, plantio, manejo na cana planta e cana-soca e, por fim, a colheita. A delimitação desta pesquisa abrange as etapas de preparo do solo e plantio.

Zorzo (2015), em uma consulta a especialistas em cana-de-açúcar, indicou que eles avaliaram o sistema de produção da cana-de-açúcar como o mais importante da região de Ribeirão Preto, Catanduva, Jaú, Piracicaba e Araraquara, seguido pelos grãos, sendo que, para 80% deles, essa importância é em razão de sua escala de produção e do grande número de empregos gerados nessas regiões.

Todos esses especialistas afirmaram que os sistemas de produção de cana-de-açúcar são diversos e que existe um misto de técnicas que vão desde o uso de métodos conservacionistas, em relação ao solo, até o uso de técnicas de preparo do solo tradicionais que utilizam corretivos no preparo do solo, no plantio e no manejo da cana-de-açúcar (ZORZO, 2015). Essas técnicas também variam de acordo com a cultura organizacional de cada usina e/ou fornecedor e, também, com as características dos tipos de solo de região para região (BARBOSA, 2016). O próximo tópico demonstrará as contribuições que um preparo de solo possa oferecer a um canavial.

2.5.2 Preparo do Solo

O preparo do solo contribui para a melhoria de suas condições físicas e químicas, proporcionando o desenvolvimento da cultura da cana-de-açúcar Moraes et al. (2016) e, para Carvalho et al. (2011), essa etapa é um dos fatores que interfere na longevidade da cultura.

Neste sentido, torna-se essencial o acompanhamento da avaliação da compactação do solo em todas as fases do desenvolvimento da cultura. Oliveira Filho et al. (2015) afirmam que, por utilizar máquinas grandes e pesadas, em todas as etapas do desenvolvimento da planta, com grande intensidade e, em especial, no estado de São Paulo, esse fato tem

contribuído para mudar os atributos do solo. No entanto, Tomaz (2013), Oliveira et al. (2015) e Zorzo (2015) ressaltaram que o aumento da mecanização no cultivo da cana-de-açúcar nos últimos anos aumentou a degradação do solo alterando seus atributos químicos, físicos e biológicos.

Para o cultivo da cana-de-açúcar, existem quatro opções para o preparo do solo: sistema convencional, sistema de preparo reduzido, preparo do solo localizado e preparo do solo para o sistema de plantio direto.

André (2009) estudou os efeitos de quatro sistemas de preparo do solo em seu experimento: plantio direto, cultivo mínimo, cultivo mínimo + gradagem e preparo convencional, sendo que o último foi utilizado grade intermediária e grade niveladora. Esse autor concluiu que o sistema de preparo convencional apresentou maior produtividade, comparando com os demais sistemas e o cultivo mínimo + gradagem versus o plantio direto e não mostrou diferenças significativas. No entanto, o cultivo mínimo obteve a produtividade mais baixa que os demais.

Camilotti et al. (2005), analisando diferentes formas de preparo no cultivo da cana observaram que a gradagem + subsolagem, tratamento semelhante às características ao cultivo mínimo, obtiveram uma produtividade de 44,25 ton./ha com cana-de-açúcar. No sistema que utilizou somente herbicida na reforma do canavial. Este tratamento se assemelha às características do plantio direto e alcançou uma produtividade de 38,54 ton./ha de cana. Portanto, este estudo de caso mostrou que a produtividade do cultivo mínimo foi 12,90% superior ao plantio direto.

Todavia Tavares et al. (2010) não encontraram diferenças entre os sistemas de preparo mínimo e o preparo de plantio direto, comparando com o sistema convencional. A seguir, será apresentado as características do sistema de taxa variável.

2.6 Aspectos técnicos sobre a tecnologia de aplicação do sistema de taxa variável

O sistema de taxa variável é mais frequente, utilizando preparo do solo para corrigir o Ph, para isso, são utilizados o calcário e o gesso. Este sistema é também utilizado na aplicação de fertilizantes e corretivos, em algumas culturas no Brasil, tais como: milho, café, laranja, soja, cana-de-açúcar e, em menor escala, no algodão (MOLIN et al.; 2015).

O sistema de taxa variável também denominado como tratamento localizado, segundo Molin et al. (2015, p. 74), é várias vezes, referido de definições do inglês como “aplicação em sítio específico (*site specific application* ou *site specific treatment*), aplicação em taxas ou doses variadas, ou ainda, do inglês, tecnologia de taxa variada (*Variable Rate*

Technology – VRT)”. Essa grande variação do termo está no olhar da ação específica a que se queira referir.

Basicamente trata-se de ação diferenciada, variada ou localizada, com relação a uma pequena porção do talhão. Essa tecnologia contribui para uma série de benefícios do sistema de produção como um todo. “Redução no uso de insumos, aumento de produtividade e/ou qualidade do produto final, melhoria na qualidade das aplicações e redução de impactos ambientais”. Além deste sistema, existe o formato vetorial³, em que as doses de fertilizantes são simplificadas dentro de grandes intervalos. Geralmente, as equações são embasadas, em boletins de recomendações regionais, que utilizam como padrão duas variáveis, para o cálculo da quantidade de insumo, sendo uma para a disponibilidade dos nutrientes do solo e outra para a produtividade esperada (MOLIN *et al*; 2015, p.74).

Em concordância, Molin *et al.* (2015) e Fleming *et al.* (2000) indicam que, nos Estados Unidos, a amostragem por grade tem sido usada, convencionalmente, para desenvolver a prescrição de mapas para a aplicação de taxa variável na aplicação de fertilizantes, pois, segundo os autores, essa forma de amostragem pode fornecer uma base precisa para a aplicação no sistema de taxa variável.

Molin *et al.* (2015) e Fleming *et al.* (2000) ressaltaram que, independente do formato utilizado nos mapas, a interpretação dos mapas é feita baseada em cores e, geralmente, entre três a cinco cores são suficientes. No entanto esses autores relataram que as empresas responsáveis pela elaboração dos mapas utilizam a cor vermelha para demonstrar o setor com baixa produtividade e a cor verde para condições ótimas.

De modo geral, as recomendações de doses de fertilizantes são embasadas nos boletins regionais de recomendação. Esses boletins, em geral, utilizam duas variáveis: disponibilidade de nutrientes no solo e/ou nutrição foliar e a outra variável considerada é a produção esperada da cultura.

MOLIN *et al.* 2015; FLEMING *et al.* 2000 relataram que, com a utilização do sistema de TV na cultura da cana-de-açúcar, na usina São Domingos, conseguiu-se suprir a demanda de nutrientes do solo, com uma redução de 25 kg de fósforo por hectare, corroborando assim para um sistema mais eficiente e sustentável.

Menegatti *et al.* (2006), também fizeram um estudo em duas usinas de cana-de-açúcar e constataram que, após a implantação do sistema de taxa variável, a usina Jales

³ “Formato vetorial - os segmentos de linhas definem polígonos e em operações de análise comparativa entre mapas, por exemplo, esses polígonos são testados para verificar se ocorrem cruzamentos” (MOLIN *et al.*, 2015, p. 67).

Machado obteve uma redução em 36% com insumos e a usina Guaíra, 15%. Portanto, se ocorre redução da quantidade de insumo, em consequência, pode-se produzir com um custo menor.

Para Molin et al. (2015), a aplicação de fertilizantes de taxa variável permite que os agricultores apliquem a quantidade essencial, para cada localização do campo, melhorando assim a eficiência no uso de fertilizantes. Assim essa tecnologia reconhece a variabilidade espacial inerente à maioria dos processos de produção agrícola, pois a fertilidade do solo tende a variar, significativamente, dentro de um mesmo talhão, retratando, dessa maneira, pontos discrepantes na produção baixa e alta.

A eficiência de custos em adubação feita com taxa variável foi comprovada em vários trabalhos. Contudo, quanto maior for a propriedade, mais favorável será para a implantação do sistema e menos arriscado será o investimento (GVORGY e TAKAC, 2011).

Todas as inovações tecnológicas para o campo deveriam desempenhar um papel que utilizasse o uso racional de defensivos agrícolas, diminuindo seu impacto ao meio ambiente em um determinado nível de produção (GVORGY e TAKAC, 2011). Além disso, o nível de produção e exploração das culturas, utilizando este sistema, evidencia uma grande ferramenta para reduzir o risco ambiental (GVORGY e TAKAC, 2011).

Para confirmar a eficiência deste sistema, Bruce (2007) constatou que, na Europa, uma das principais razões, para o interesse em taxa variável, é a sua utilização como uma ferramenta para minimizar qualquer impacto ambiental, associado à lixiviação por nitrato⁴ utilizada na produção agrícola, demonstrando ser uma estratégia sustentável no campo.

O método de aplicação de fertilizante, em forma de taxa variável, consolidou-se no mundo, pois tem conseguido melhor distribuição de fertilizantes dentro de uma mesma gleba e, conseqüentemente, aumenta a produtividade e/ou a qualidade do produto final. Esse fato vem se concretizando pela melhoria da forma de aplicação dos nutrientes fornecidos às plantas e, em alguns casos, essa metodologia tem obtido uma redução significativa de fertilizantes (MOLIN *et al.*, 2015).

Segundo Zorzo (2015), os fornecedores de cana-de-açúcar entre 50 a 1.300 hectares têm adesão à média tecnologia. Esses fornecedores produzem, em áreas próprias ou arrendadas e a grande maioria utiliza a infraestrutura para a mecanização das usinas às quais

⁴Nitrato fertilizante que contém, aproximadamente, 33% de nitrogênio.

fornecem a matéria-prima. O preparo do solo é realizado de forma convencional⁵ e pelo preparo para o plantio direto⁶; o plantio é realizado por meio do sistema semimecanizado⁷.

O próximo tópico mostrará algumas definições e características dos sistemas de preparo do solo convencional.

2.6.2.1 Sistema de preparo do solo convencional

O sistema de cultivo convencional, também denominado de preparo convencional, é realizado por algumas máquinas, tais como: grades (aradora, intermediária, e niveladora), subsolador, eliminador mecânico de soqueira e arado. Nestas operações, a profundidade de descompactação fica, em média, de 25 cm a 50 cm e é realizada em área total (NOVACANA, 2013). O **Quadro 2** destaca vantagens e desvantagens desse sistema. A cultura da cana-de-açúcar, de um modo geral, tem suas operações realizadas por máquinas de grande porte em todas suas etapas. Isso acarreta a compactação do solo, principalmente, nas etapas dos tratamentos culturais e na colheita.

Quadro 2–Vantagens e desvantagens do preparo do solo convencional.

Vantagens	Desvantagens
Descompactação do solo (BARBOSA, 2016).	Alto investimento para aquisição de máquinas e tratores (NOVACANA, 2013).
Eliminação da soqueira deixada pela cultura anterior e, conseqüentemente, algumas pragas (NOVA CANA, 2013a); (MORAES <i>et al</i> ; 2016).	Custo mais elevado com diesel (ALBUQUERQUE FILHO <i>et al</i> , 2016); (CARVALHO <i>et al</i> ; 2011); (MOARES, 2016).
Incorporação de fertilizantes e corretivos (NOVA CANA, 2013a); (MORAES <i>et al</i> ; 2016).	Possibilidade de ocorrer erosão no solo (ALBUQUERQUE FILHO <i>et al</i> ; 2016); (SANTIAGO; ROSSETTO, 2016).
Maior produtividade (MORAES <i>et al</i> ; 2016); (CARVALHO <i>et al</i> ; 2011).	Maior amplitude térmica no solo e perda de umidade do solo (ALBUQUERQUE FILHO <i>et al</i> ; 2016); (SANTIAGO e ROSSETTO, 2016); (BARBOSA, 2016).

Fonte: Elaborado a partir de Albuquerque Filho et al. (2016); Barbosa (2016); Carvalho et al. (2011); Santiago e Rossetto (2016); NovaCana (2013); Moraes et al. (2016).

Alguns pontos fracos do sistema convencional do preparo do solo são em decorrência da utilização de vários implementos agrícolas, para a realização das atividades, fazendo com que o consumo de óleo diesel seja mais elevado, comparado ao consumo de

⁵ Subsolação + gradagens

⁶ Dessecagem da cultura anterior

⁷ Referência aos itens mecanizados: tratores e máquinas: sulcadores, cobridores e mão de obra para cortar a muda e lançar sobre o sulco e picar a muda de cana-de-açúcar.

diesel, em todos os outros sistemas, pois, para eliminar a palha da cana-de-açúcar, há necessidade de várias operações no talhão (revolvimento da terra realizado por arados, subsolagem e gradagens) (CARVALHO *et al*; 2011); (MOARES, 2016).

Dentre todos os implementos, a utilização da grade, de forma contínua, pode ocasionar uma barreira de compactação abaixo dos 20 cm (ALBUQUERQUE FILHO *et al*; 2016).

Sob outro aspecto há a possibilidade de ocorrer erosão, caso ocorra uma grande quantidade de precipitação pluviométrica em um espaço curto de tempo (SANTIAGO e ROSSETTO, 2016), e a exposição do solo faz com que ocorra maior amplitude térmica e, conseqüentemente, é o sistema que mais perde umidade (BARBOSA, 2016); (ALBUQUERQUE FILHO *et al*; 2016); (SANTIAGO; ROSSETTO, 2016). A seguir, serão apresentadas algumas características do sistema de preparo do solo reduzido.

Com a mudança da forma da colheita surgiram algumas pragas tais como: *sphenoforus levi*, *migdólus* e patógenos. No entanto, na reforma do canavial faz-se necessário utilizar algumas máquinas especiais para resolver estes e outros problemas, como a grande quantidade de palha deixada no campo (AQUINO *et al*; 2017). Para minimizar este problema referencia-se o eliminador mecânico de soqueira e ou grades aradoras e intermediárias.

No entanto, alguns pontos fortes é a possibilidade de maior longevidade do canavial por conseguir produzir com um índice menor de pragas e doenças. Ademais, o próximo tópico demonstrará o sistema de preparo do solo reduzido.

2.6.2.2 Sistema de preparo do solo reduzido

O sistema de preparo do solo reduzido se difere do sistema anterior, por ter como metodologia minimizar a utilização de máquinas para revolver o solo, sendo reconhecido como um sistema conservacionista. Esta operação é realizada após a dessecação da cultura anterior, realizada com herbicidas. Dentre alguns implementos, os mais utilizados para esta operação são: o eliminador mecânico de soqueira, o subsolador e o arado (BARBOSA, 2016).

O **Quadro 3** descreve as vantagens e desvantagens do sistema de preparo do solo reduzido. Este sistema utiliza, geralmente, apenas o subsolador para fazer o preparo do solo. Este fato tem seu lado positivo, pois esse implemento, quando utilizado com condições adequadas de umidade, proporciona a descompactação a custo baixo e, ainda, proporciona pouca amplitude térmica e boa capacidade de retenção de água.

Quadro 3–Vantagens e desvantagens do preparo do solo reduzido.

Vantagens	Desvantagens
Bom sistema de descompactação do solo até 45 cm (ALBUQUERQUE FILHO <i>et al</i> ; 2016).	Eficiência contestada sobre o resultado final em alguns tipos de solo (CARVALHO <i>et al</i> ; 2011).
Consumo baixo de diesel (ALBUQUERQUE FILHO <i>et al</i> ; 2016).	Necessidade de tratores com elevado CV (SANTIAGO e ROSSETTO, 2016).

Fonte: Elaborado a partir de Albuquerque Filho et al. (2016); Carvalho et al. (2011); Santiago e Rossetto (2016).

As condições adversas do clima, também, proporcionam condições favoráveis para a compactação do solo (NOVACANA, 2013a). Neste aspecto, Barbosa, (2016) menciona que a utilização de máquinas para a descompactação é essencial para se fazer a incorporação de fertilizantes e corretivos e deixar o solo revolvido, sem torrões. Esta atividade melhora a eficiência na cobertura e minimiza falhas de plantio. O próximo tópico evidenciará sobre o sistema de preparo do solo localizado.

2.6.2.3 Sistema de preparo do solo localizado

O sistema de preparo do solo localizado consiste em eliminar os problemas decorrentes de solos com alto índice de compactação. A profundidade deste sistema varia, em média, a 0,80 cm. Referente ao limite de compactação, Sá et al. (2016) mencionou que após 1,33 gramas por densidade de solo, criam-se condições inadequadas para o desenvolvimento da cultura da cana-de-açúcar.

Segundo Oliveira Filho et al. (2015), esse tipo de preparo se faz necessário, para minimizar os efeitos com a compactação, quando o solo estiver com camadas superficiais de compactação abaixo de 0,30 cm, e/ou, quando o solo possuir vários níveis de compactação em uma determinada gleba.

O **Quadro 4** apresenta as vantagens e desvantagens do sistema de preparo do solo localizado. Este sistema, quando comparado aos outros sistemas, possui melhor desenvolvimento radicular, (TOMAZ, 2013).

Quadro 4–Vantagens e desvantagens do preparo do solo localizado.

Vantagens	Desvantagens
Único sistema a Descompactar acima de 0,50 cm (TOMAZ, 2013).	Dificuldade para executar o plantio com níveis de umidade elevados em terrenos com declividade (TOMAZ, 2013).
Melhor desenvolvimento do sistema radicular (TOMAZ, 2013).	Necessidade de penetrômetros (TOMAZ, 2013).
Baixo custo (TOMAZ, 2013).	Erosão em solos arenosos (TOMAZ, 2013).

Fonte: Elaborado a partir de Tomaz (2013).

O sistema de preparo de solo localizado tem se mostrado mais econômico em consumo de combustível por hectare, com menor tempo de preparo do solo e menor desgaste de máquinas (OLIVEIRA FILHO *et. al*; 2015). Outro ponto positivo é que, em um único implemento, são realizadas todas as operações, além disso, possui um equipamento que não é utilizado nos demais sistemas. Esse equipamento é denominado de enxada rotativa. O intuito deste equipamento é proporcionar o destorreamento dos torrões. Segundo Barbosa (2016), para um bom nível de *stand* de um plantio, é necessário o terreno estar sem torrões.

Algumas desvantagens do sistema de preparo do solo localizado têm algumas características: a necessidade de tratores acima de 220 CV, e o capital investido em uma máquina deste porte é muito significativo para os médios e pequenos produtores. Também gera dificuldade de operação no plantio, pois, caso o trator acoplado com a plantadora escorregue com a roda dentro do preparo, necessitará de ser rebocado por outro trator, fato este vivenciado pelo autor, em várias ocasiões, em que participou acompanhando o processo de plantios realizados neste sistema, principalmente, em solos arenosos, podendo ainda ocorrer erosão na gleba.

Segundo Tomaz (2013), para um bom resultado final é essencial utilizar penetrômetros para medir a compactação abaixo de 0,70 cm, como o Hatô, pois os convencionais não ultrapassam os 0,70 cm. Uma forma de demonstrar a resistência a penetração do solo é a através dos mapas de solos. A seguir, serão apresentadas as principais características do sistema de preparo do solo para plantio direto.

2.6.2.4 Sistema de preparo do solo para plantio direto

O sistema de preparo do solo para plantio direto incide no plantio da cana-de-açúcar sem revolver nenhuma parte do solo (BARBOSA, 2016). Contudo, nesta etapa, quando provém de um sistema realizado por uma monocultura, o dessecamento dos restos vegetais é feito por meio de herbicidas.

O **Quadro 5** apresenta as vantagens e desvantagens do sistema de preparo do solo para o plantio direto. A descompactação do solo, não necessariamente, precisa ser realizada somente por implementos. Existe a opção de ser executada por algumas plantas, como é o caso da crotalária, que pode exercer a função de nematicidas de forma natural e do nabo forrageiro.

Quadro 5–Vantagens e desvantagens de preparo do solo para o plantio direto.

Vantagens	Desvantagens
Menor custo entre todos os tipos de preparo (ALBUQUERQUE FILHO <i>et al</i> ; 2016); (MOARES <i>et al</i> ; 2016); (CARVALHO <i>et al</i> ; 2011).	Menor índice entre os sistemas de eliminação de algumas pragas (SANTIAGO e ROSSETTO, 2016).
Ótima capacidade de armazenar umidade e reduzir erosão (ALBUQUERQUE FILHO <i>et al</i> ; 2016); (SANTIAGO e ROSSETTO, 2016); (NOVACANA, 2013).	Intervalo curto para realizar o plantio (MOARES <i>et al</i> ; 2016)

Fonte: Elaborado a partir de Albuquerque Filho et al.(2016); Santiago; Rossetto (2016); Nova Cana (2013); Moraes, et al.(2016).

Neste sistema, como são realizadas poucas operações, o custo final do preparo do solo tende a ser 10% menor, podendo obter um incremento de até 50 toneladas de colmo por hectare (NOVACANA, 2013). Albuquerque Filho et al. (2016); Santiago e Rossetto (2016) afirmaram que este sistema possui uma boa capacidade de retenção de água e, em consequência, aumento da vida biológica do solo.

Os pontos fracos do sistema de preparo do solo para o plantio direto devem-se ao ciclo de vida da planta, pois, se ultrapassarem alguns dias, as sementes dos adubos verdes tendem a madurecer e germinar, ao entrar em contato com o solo. Com isso, há necessidade de um planejamento eficiente do plantio, fato que gera prejuízos pela competição entre nutrientes e luminosidade com a cana-de-açúcar.

Neste sistema de preparo do solo, as usinas e fornecedores perdem a chance de obter uma renda no intervalo entre um plantio e outro de cana-de-açúcar, denominado de reforma do canavial, pelo plantio de algumas culturas, como: soja e amendoim. O próximo tópico mostra como são as características do plantio de cana-de-açúcar na região Centro-Sul.

Os meios de plantio alternam em: semimecanizado e/ou convencional, semimecanizado de mudas pré-brotadas e mecanizado. O próximo tópico aprofunda nas características do espaçamento entre plantas e a profundidade.

2.7 Plantio da cana-de-açúcar

A maior quantidade de reboleto utilizada no plantio não é sinônimo de aumento de produtividade, pois o excesso de toletes (pedaços de cana entre 20cm a 50 cm), no sulco pode dificultar a cobertura, possibilitando entrada de ar e, conseqüentemente, a ocorrência de doenças fúngicas, além de aumentar a competição significativa entre os perfilhos (RIPOLI e RIPOLI, 2010a).

Na mesma concepção, Ripoli e Ripoli (2010a, p. 611) “afirmaram que em muitas unidades sucroalcooleiras aumentaram a quantidade de mudas utilizadas no plantio, chegando a valores entre 15 a 18 t/ha”. Outra pesquisa realizada pela UDOP (2015) informou que o consumo de mudas é 40% maior do que no plantio semimecanizado. Corroborando, Farinelli e Santos (2017) afirmaram que esta modalidade de plantio utiliza entre 18 a 22 t/ha.

Segundo dados da pesquisa de Santos (2015), a evolução na mecanização, nos últimos anos, não vêm demonstrando aumento da produtividade. Por outro lado, não se pode afirmar que a redução da produtividade esteja diretamente relacionada ao tipo de plantio adotado (mecanizado), haja vista que outros fatores como investimento, clima, colheita, entre outros interferem na produtividade. Barros e Milan (2010) enfatizaram que as tomadas de decisões no preparo do solo têm correlações positivas com as outras etapas agrícolas, em especial, com todo o ciclo ao plantio.

Para um bom *stand*, por conseguinte, uma boa produtividade, Coleti e Stupiello (2006), um plantio não necessita mais de 10 ton./ha, com uma densidade de 12 a 15 gemas viáveis por metro. Já Ripoli e Ripoli (2010a, p. 602) descreveram que “o número de mudas por metro colocado no sulco deve atender à necessidade de 14 a 16 gemas”. No entanto, Farinelli e Santos (2017) ressaltaram que o plantio semimecanizado vem utilizando, em média, de 15 a 20 gemas/metro, com uma quantidade média de 12 a 16 toneladas por hectare.

O plantio mecanizado utiliza, em média, uma quantidade superior de gemas por metro, em 56,25%, quando comparado ao plantio semimecanizado, 25 a 55 gemas/metro, que utiliza um consumo de 18 a 22 toneladas por hectare, utilizando uma quantidade de 30% superior ao plantio semimecanizado.

Analogamente, Stolf e Barbosa (1991) sugeriram que no plantio de cana-de-açúcar a quantidade ideal de muda por metro linear seja de 9 a 12 gemas viáveis, utilizando-se uma margem de segurança, mas houve um aumento de gema por hectare em mais de 200%, ocorrido entre as décadas de 50 e 60, quando se utilizavam 6 gemas por metro; na década de 1980, passou-se a utilizar 18 gemas por metro. Ademais, para se ter um canavial uniforme, nas condições de solo e clima no Brasil, de acordo com os autores acima supracitados 13 toneladas seria suficiente.

Barros e Milan (2010, p.224) detectaram que “uma distribuição de mudas fora do padrão especificado afeta de forma muito grave o processo de produção de cana, pois pode comprometer a vida útil do canavial, por grande quantidade de falhas [...]”.

Neste aspecto, Ripoli e Ripoli (2010a, p. 610), ao estudar cinco plantadoras brasileiras, de diferentes fabricantes, “nas mesmas condições de campo, reportaram que

nenhuma das máquinas que utilizam mudas na forma de toletes apresentou um adequado mecanismo distribuidor de toletes e são mecanismos lançadores”.

Pujar et al. (2017) relataram que, na Índia, utilizam, em média, 6 a 8 toneladas de muda cana por hectare. Naik et al. (2013) apontam que, em pesquisa no mesmo país, utilizam entre 6 a 7 toneladas de toletes por hectare.

Ademais, para se ter um canavial uniforme, nas condições de solo e clima no Brasil, de acordo com os autores acima supracitados 13 toneladas seria suficiente.

A insatisfação da evolução tecnológica no plantio mecanizado foi apontada com excesso de toletes no sulco, produtividade inferior e desconformidade com a padronização no plantio, quando comparado ao plantio semimecanizado e, com isso, merecem uma discussão mais aprofundada. Portanto esse tópico foi pesquisado em trabalhos que realizados por usinas e destilarias, para verificar se o setor buscou alternativas para suprir essa deficiência, sendo que o sistema de taxa variável para o plantio surge como uma alternativa a fim de melhorar a eficiência da distribuição de toletes e fertilizantes no plantio mecanizado. No entanto, o próximo tópico irá mencionar sobre os espaçamentos e profundidades de cana-de-açúcar utilizados no Brasil.

2.7.1 Espaçamento entre fileiras de plantas e profundidade.

A maior parte do plantio de cana-de-açúcar no estado de São Paulo é realizado com espaçamento entre linhas de 1,50m, seguido por 0,90m x 1,50m e 1,40m. A profundidade varia de 20 cm a 40 cm.

O plantio da cana-de-açúcar, na região Centro-Sul, geralmente, ocorre em dois períodos: o plantio feito de janeiro a abril, denominado como plantio de ano e meio, pois a colheita ocorrerá com mais de doze meses após o plantio (SEGATO e PEREIRA, 2006; RIPOLI e RIPOLI, 2010a).

O plantio feito, nos meses de setembro, outubro e novembro, é denominado como plantio de ano de primavera, pois a colheita ocorrerá com onze e/ou doze meses após o plantio da cana-de-açúcar e o plantio de ano, realizado nos meses de junho, julho e agosto, denominado como plantio de inverno que iniciará a colheita com 1ano e/ou 12 meses após o plantio (SEGATO e PEREIRA, 2006; RUDORFF *et al.*, 2010). Entretanto existem algumas usinas que executam o plantio, durante o ano todo, com a finalidade de otimizar a estrutura do plantio e, conseqüentemente, reduzir o custo de produção (SEGATO e PEREIRA, 2006).

Alguns fatores associados às características dos toletes são fundamentais para determinar um bom índice de germinação do plantio, dentre eles: “idade da muda, genética (variedade), posição da gema, grau de umidade, concentração de nutrientes e açúcares”. O ambiente também interfere na germinação das plantas: “temperatura, umidade, doenças, pragas, plantas daninhas, textura e estrutura do solo” (SEGATO e PEREIRA, 2006, p. 29).

A seguir, o próximo tópico mostrará as principais características do plantio semimecanizado e/ou convencional.

2.7.2 Plantio semimecanizado e/ou convencional

O plantio realizado de forma semimecanizado é realizado por máquinas (tratores, carregadeira, implementos e caminhão) e por vários trabalhadores (operador de máquinas, serviços gerais, motorista, fiscais e um apontador). Conforme Ripoli e Ripoli (2010b), este tipo de plantio era o mais utilizado no setor.

Os valores corrigidos pela inflação de 2011 a 2017, 48,32% referentes ao trabalho de Zacarias et al. (2011), mostraram que o custo total do plantio semimecanizado foi R\$ 1.992,48/ha. Essa modalidade de plantio inicia com o corte da muda executada por trabalhadores rurais. Depois de colhida a muda, é carregada com o auxílio de uma carregadeira, em caminhões e/ou carretas acopladas em tratores (BARBOSA, 2016).

A próxima etapa consiste no descarregamento das mudas que são executadas manualmente. Nesta etapa, é realizada a picação da muda da cana, deixando uma média de 0,50 a 0,60 cm em cada rebolo e/ou três gemas. Barros e Milan (2010) explicam que, para se ter um bom padrão de distribuição de mudas, é necessário distribuir, acomodar e fracionar os toletes dentro do sulco de plantio, com número de gemas por metro linear que não proporcione falhas. As falhas afetam muito a produtividade do canavial, a longevidade e aumenta o custo de produção.

Naik et al. (2013) relataram que, na Índia, o tamanho dos toletes é de 0,25 a 0,30 cm. Ripoli; Ripoli, (2010a, p. 509) observaram que essa operação ocorre dentro dos “sulcos abertos por um trator e um implemento denominado de sulcador, com duas ou três hastes, tendo a opção simultaneamente de aplicar fertilizantes”. Barros e Milan (2010) alertam que uma sulcação fora dos padrões estabelecidos tem várias consequências negativas, nas próximas etapas do processo agrícola, tais como maior perda por hectare e menor qualidade do produto final.

No entanto, para se ter uma qualidade mínima, é relevante considerar as características: solo bem preparado, terreno sem presença de plantas daninhas, sem torrões,

profundidade estabelecida e distância entre sulcos com pouca variação (BARROS E MILAN, 2010).

Barros e Milan (2010) avaliaram os índices de prioridade de risco, para os processos envolvidos no plantio, por meio dos pontos críticos e das dez falhas superiores a 27,0 pontos; seis foram relacionados à sulcação e às suas regulagens de fertilizantes; falta de paralelismo entre sulco; distância e profundidade de sulcos.

A próxima fase é a cobertura das mudas que é realizada por um trator e um implemento denominado de cobridor (BARBOSA, 2016). A quantidade de terra necessária, para cobrir a muda da cana, varia com a umidade do solo, o tipo do solo, sendo que a quantidade de terra, no geral, tem relação com o período em que será efetuado o plantio e com boa umidade do solo, pois a cobertura, quando é realizada com bons níveis de umidade, em regra, utiliza cinco centímetros de terra sobre a muda. Já em um período com baixa umidade no solo, a cobertura é realizada com, aproximadamente, dez centímetros.

Barros e Milan (2010) consideraram que um bom padrão desta etapa é cobrir os toletes, de forma a não visualizar os toletes descobertos, pois uma cobertura fora dos padrões acarreta em falhas, menos perfilho por metro e menor produtividade. Todavia estes mesmos autores relataram dois quesitos superiores ao limite estabelecido acima supracitado, dos três analisados no seu trabalho, sendo: altura de cobertura de terra, porcentagem de cana descoberta.

A última etapa consiste no repasse da cobertura. Essa etapa se faz necessária, visto que o terreno sempre contém desuniformidade e algum grau de declividade e, com isso, a operação realizada pelo cobridor, às vezes, não é muito eficiente. O repasse é realizado por trabalhadores rurais, com o auxílio de uma enxada (BARBOSA, 2016).

Os obstáculos para a execução da distribuição da cana no sulco executada pelos trabalhadores no plantio semimecanizado merecem uma discussão mais aprofundada, uma vez que, atualmente, para executar o plantio neste sistema, os trabalhadores são condicionados a movimentar de um lado para outro, com feixes de cana que pesam em torno de 15 a 20 kg (Barbosa, 2016). A execução desta tarefa se torna mais difícil, já que os trabalhadores têm que atravessar os sulcos abertos, segurando os feixes de cana. Relatos feitos por alguns trabalhadores que executam essa atividade afirmaram que, no novo sistema de plantio semimecanizado, o desgaste físico é muito maior, quando comparado ao sistema anterior. Portanto essa modalidade, mesmo envolvendo vários atores para a sua realização, tem rendimentos operacionais satisfatórios 1,31 ha/hora (ZACARIAS, 2011).

A quantidade de pessoas envolvidas em todas as etapas, segundo Coleti e Stupiello (2006), no plantio semimecanizado, na maioria das vezes, necessita de 13 a 15 pessoas, para formar uma equipe de plantio, obtendo um rendimento de 4 a 5 ha/dia. Barbosa (2016) relatou que este tipo de plantio utiliza entre 12 a 16 gemas/metro.

Para o cálculo sobre o número de pessoas necessárias para o plantio de cana-de-açúcar no Brasil, leva-se em conta que, em regra, renova-se, em média, 20% da área total com cana-de-açúcar, por safra e, em 2015, esse valor correspondeu a 1.7 milhões de hectares. Desse modo, seriam necessárias, aproximadamente, 17.000 pessoas para executar as tarefas em 365 dias, com 1.000 equipes.

Essa quantidade de pessoas necessárias para o plantio da cana-de-açúcar, em um curto espaço de tempo, foi outro motivo que levou o setor a buscar alternativas para suprir o alto custo desta operação em um período de curto prazo. Esse fato aliado às diversidades impostas pelo setor sucroenergético, principalmente em questões de segurança de trabalho, evidencia que a cultura da cana-de-açúcar empregava muitos trabalhadores sobre a carga, em carretas e caminhões, como forma de descarregar a muda. Eles lançavam a cana em direção ao sulco, o que poderia causar vários acidentes, com diferentes intensidades. O próximo tópico mostrará as principais características do plantio semimecanizado de mudas pré-brotadas.

2.7.3 Plantio *semimecanizado de mudas pré-brotadas*

O sistema de plantio de mudas pré-brotadas, denominada de MPB, é um método antigo, que voltou a ser utilizado novamente em sistema comercial pela adoção do GPS nos tratores. Todavia, a opção mais utilizada é para viveiros de mudas (GAZOLA *et al*; 2017).

De acordo com o levantamento da UDOP (2015), 38% das usinas pesquisadas utilizam esse sistema de plantio, em seus viveiros de muda para, posteriormente, expandir em termos comerciais. Todavia SNA (2016) relatou que este sistema está em torno de 44% da área com cana-de-açúcar na região Centro- Sul do país. Este sistema de produção é uma técnica que vem sendo utilizada por todos os tamanhos de fornecedores e usinas no Brasil e, ainda, existem lacunas em algumas pesquisas que precisam ser esclarecidas, como: características físico-químicas dos resíduos agroindustriais para o plantio das mudas.

Segundo Farinelli e Santos (2017), este tipo de plantio ocorre por mudas de cana-de-açúcar produzidas em ambiente protegido, denominado como estufas, e o modo de plantio no campo é realizado por sulcação, adubação e aplicação de defensivos e depois o plantio é realizado por uma matraca e/ou plantio mecanizado, por meio de todos os itens mencionados

anteriormente. Porém, o plantio é realizado por uma plantadeira tracionada por um trator. Esta modalidade de plantio utiliza-se, em média, de 1,8 toneladas de cana por hectare, no espaçamento 1,50 entre linhas e 0,50 cm entre plantas, utilizando 13.333 plântulas por hectare.

No entanto vem ocorrendo o plantio do método *interrotacional* simultaneamente, denominado de meiosi, que tem como principal objetivo multiplicar a adoção de novas variedades, provenientes das instituições como a Rede Interuniversitária, para o Desenvolvimento do Setor Sucroenergético (RIDESA), Centro de Tecnologia Canavieira (CTC), Instituto Agrônomo de Campinas (IAC), entre outras. Essas empresas atuam, no melhoramento genético, com o intuito de elevar o rendimento produtivo de toneladas por hectare e aumentar o rendimento industrial para os diversos ambientes de produção. Naik et al. (2013) relataram que na Índia este sistema de plantio também é recente.

A quantidade de muda utilizada neste modelo varia entre 1 a 1,5 toneladas por hectare, selecionando somente os minirrebolos saudáveis dos toletes que, posteriormente, são plantados em bandejas com terra, areia e substratos (NAIK *et al.*, 2013). Segundo Xavier (2014), após a seleção dos minirrebolos, eles passam por um tratamento térmico, em que são imersos em água a 52 graus, na relação de 1:6 (volume de água e cana). Essa operação é para eliminar algumas doenças como o raquitismo da soqueira.

Landel et al. (2012) constataram que o período ideal da idade da cana é entre 6 a 10 meses, depois de ser conduzidas ao campo, onde essas mudas serão multiplicadas. Essa operação ocorre, geralmente, em casas de vegetações com controle de temperatura e irrigação permanecendo entre 32 °C e 8 mm/dia, em que permanecem entre 7 e 10 dias. As gemas brotadas são transferidas, individualmente, para as bandejas.

Posteriormente, inicia-se a primeira fase da aclimação das mudas, na qual as mudas são expostas, progressivamente, à luz e ao controle de irrigação, de acordo com o desenvolvimento vegetativo e poda de folhas, para estimular o desenvolvimento do sistema radicular com duração de 21 dias. Na segunda fase da aclimação, as mudas são expostas ao sol e as irrigações são reduzidas. As podas ocorrem semanalmente para finalizar o processo de produção, em que o ciclo tem duração de aproximadamente 60 dias.

Landel et al. (2012) destacaram que esse plantio é realizado com mudas já germinadas, com 30 a 90 dias após a germinação e o espaçamento entre plantas varia de 0,50 a 0,60 cm entre planta, utilizando os padrões dos espaçamentos entre linhas, anteriormente citados. Para Naik et al. (2013), esse sistema também necessita de um trator para ser tracionado, juntamente com o auxílio de duas pessoas para colocar as mudas nas pinças e/ou

carretéis, sendo que o ponto de equilíbrio foi 336 ha e o período de recuperação foi 2,50 anos, respectivamente, para trator e a plantadeira de duas linhas,

Segundo a SNA (2016), esse método consiste em intercalar lavouras tais como amendoim, soja ou adubo verde com a cana. Neste sistema, reduz-se o custo de implantação do canavial, pois o sistema logístico de transposição das mudas não necessita de carregamento e transporte (JUNIOR, *et al.*; 2014); (SNA, 2016). Xavier (2014) relatou que os custos com transporte para plantio de cana variam de R\$ 6,38 /ton./cana para uma distância de 0-5 km a R\$ 29,14/(ton./cana)entre 45,1 a 50 km. Além destas vantagens, aumenta a eficiência do plantio, dado que as mudas serão alocadas no sulco manualmente. Todavia, como desvantagens, esse sistema necessita de irrigação logo após o transplante das mudas no campo, vindo a ser um dos grandes dilemas vivenciados. No entanto, segundo Naik et al. (2013), os custos com mão de obra, quando comparados com o plantio semimecanizado, apresentaram uma redução de 40 a 85%. A seguir, serão demonstradas as características do plantio mecanizado.

2.7.4 Plantio mecanizado

O plantio mecanizado é totalmente realizado por máquinas, o corte das mudas é executado por colhedoras de cana-de-açúcar, o carregamento até o local do plantio é efetuado por caminhões transbordos e/ou tratores e o transbordo e o plantio são executados por um trator que traciona uma plantadora que executa três operações simultaneamente: sulcação, distribuição e cobertura (BARBOSA, 2016).

A colheita da cana realizada por uma colhedora pode ser executada com a cana crua e/ou queimada. No entanto, para esta tarefa, utiliza-se a cana crua. Neste tipo de colheita, as colhedoras fazem o corte basal, realizando a eliminação parcial da matéria estranha, vegetal e a mineral, por meio de ventiladores/exaustores, e os toletes são descarregados sobre um recipiente denominado de transbordo o qual pode ser tracionado por um caminhão ou um trator (PEREIRA e TORREZAN, 2006).

Os colmos são fracionados em toletes entre 20 a 45 cm. Barbosa (2016) relata que esse tipo de rebolo contém de 3 a 5 gemas. Para uma melhor distribuição dos toletes e, conseqüentemente, melhor uniformidade do plantio, o tamanho do rebolo, proposto pelas usinas e fornecedores, é em torno de 40 cm com, pelo menos, três gemas por rebolo, enquanto Barros e Milan (2010) destacam que a baixa quantidade de gemas viáveis no colmo de cana refere-se ao tamanho dos toletes e ao tipo de corte.

Atualmente existem dois modelos de máquinas, a fim de realizar a colheita de cana: com pneus e com roda de esteira. A opção entre uma e/ou outra está condicionada a dois fatores: logística para efetuar a mudança de área e declividade dos talhões de cana em que será efetuada a colheita. As máquinas de esteiras necessitam de pranchas para a mudança entre os talhões, contudo consegue-se fazer a colheita com declividade entre três a cinco por cento acima do que o outro modelo, não ultrapassando 12% (SOLANO, *et al.*; 2017).

A eficácia desta operação está condicionada à sistematização da lavoura, de uma máquina com boa eficiência e de um operador muito bem capacitado, sendo que esses três fatores podem levar a uma variação de colheita muito alta. O custo da colheita mecanizada ao plantio é por tonelada de cana colhida. Todavia, Pereira e Torrezan (2006) afirmaram que um ponto de equilíbrio nessa operação é fazê-la em canaviais acima de 50 toneladas/ha. Ainda referente aos custos, Zacarias (2011), ao analisar os custos operacionais dessa modalidade, relatou que o conjunto (trator e plantadora) equivale a 16,55% desse sistema. Todavia o autor não considerou os custos referentes ao corte e carregamento.

A velocidade da colheita para o plantio é em torno de 2 a 3 KM/H. Este valor é de 35 a 50% inferior à colheita para safra. Porém, é essencial que se faça o preparo da colhedora por meio de um “kit”, para proteger as gemas dos toletes; posteriormente, ao corte desta muda torna-se necessário um transbordo feito por um caminhão e/ou um trator, para o transporte das mudas até a plantadora. Todos os fabricantes de plantadoras, no Brasil, fabricam modelos tracionados por tratores.

Após a implantação do plantio mecanizado houve uma redução do custo operacional sobre a produção de cana-de-açúcar (COLETI e STUPIELLO, 2006; RIPOLI e RIPOLI, 2010a; SANTOS, 2015). Todavia, mesmo obtendo menores custos de produção, o rendimento operacional não é satisfatório quando comparado com o semimecanizado. Zacarias (2011) relatou que o rendimento operacional do plantio mecanizado foi de 0,66 ha/hora em sua pesquisa.

Esse processo de mecanização do plantio da cana-de-açúcar ocorreu, em escala comercial, a partir de 2003. Antes, alguns protótipos já haviam sido desenvolvidos nas décadas de 1960 e 1970. Mas a partir de 2006 o setor começou a ter dados significativos sobre o plantio mecanizado. Ademais, alguns dados demonstram que o setor sucroenergético utilizou essa modalidade em praticamente 60% da área destinada para a reforma de cana-de-açúcar na região Centro-Sul do Brasil, em 2012 (UDOP, 2015).

Segundo Oliveira (2012), o plantio mecanizado, em média, tem uma eficiência de 70%, em 24 horas de trabalho. Esse resultado é influenciado pelo período que o solo

proporcionará umidade suficiente para realizar a operação. A autora fez uma simulação, considerando um cenário para plantio de 5.000 hectares, em um período de 61 dias, com 40% de condições favoráveis para a sua execução. No entanto, o resultado demonstrou que seriam necessárias 9,56 plantadoras. Todavia, o valor máximo que uma plantadora conseguiria alcançar seria de 523 hectares, com um rendimento de 8,57 hectares por dia, em média. Ademais, a quantidade de trabalhadores para executarem essa simulação seria de 145 pessoas. Essas pessoas, entretanto, seriam distribuídas em duas equipes de plantio, uma com cinco plantadoras, e a outra com quatro plantadoras, pois, de modo geral, não se trabalha com mais de cinco máquinas por frente.

As funções seriam: supervisores, líderes de frente, operador de trator, operador de colhedora, comboísta, motorista de transporte da frente, motorista de transporte de fertilizantes, abastecedor de calda de defensivos agrícolas, serviços gerais (qualidade), serviços gerais (recobrição), borracheiro. Porém, geralmente a usina utiliza os funcionários efetivos que executam funções similares na safra para fazerem o plantio e, assim, aumentam a eficiência da mão de obra e diminuem a rotatividade do quadro de colaboradores.

Para os mesmos, atuando em 61 dias, o plantio semimecanizado necessitaria de quatro equipes com 15 pessoas cada. Esta pesquisa pretende identificar e comparar os sistemas utilizados no preparo do solo e no plantio de cana-de-açúcar das usinas, destilarias e fornecedores de cana-de-açúcar do estado de São Paulo. O próximo tópico mostrará algumas definições e características dos sistemas de produção da cana-de-açúcar. A próxima seção mostra as etapas dos materiais e métodos desta tese.

3. MATERIAL E MÉTODOS

Com base no objetivo geral, a presente pesquisa tem caráter exploratório-descritivo, tendo em vista que não há uma estrutura de dados disponíveis para o setor sucroenergético, quanto às variáveis de interesse e, tampouco, essas informações são conhecidas com exatidão pelos atores. Não obstante, não foram encontradas pesquisas que evidenciassem a eficiência técnica e econômica a respeito da tecnificação dos diversos sistemas de preparo do solo e plantio entre usinas e fornecedores de cana-de-açúcar, no estado de São Paulo. Para isso, foi realizada uma busca em revistas indexadas, em ciências agrárias e administração, livros, capítulos de livros, sites, teses, dissertações, documentos e anais.

3.1 Material

A pesquisa exploratória é utilizada quando o pesquisador e/ou (a) não possui informações suficientes, para analisar uma relação explicativa entre suas causas e efeitos. (TADDESE, 2017; TU, 2018). Sobre pesquisa, esta tese tem caráter descritivo, pois procura esclarecer um problema da realidade a ser pesquisado, comprovando/ou não a hipótese, que permita seu amplo e detalhado conhecimento acerca de um determinado assunto (GIL, 2009).

Com relação ao delineamento da pesquisa, este trabalho foi classificado como de associação com interferência. Conforme Volpato (2015, p.7), a pesquisa de associação com interferência testa a correlação entre os tratamentos, pois a interferência de uma ou mais variáveis interferem na(s) outra(s). [...] Se há interferência, há mecanismo, que é a sequência de eventos (de interferência) que liga o agente [...]. Entretanto a relação não é absoluta, “pois os fenômenos podem ser complexos, e um conjunto de variáveis pode interagir concomitantemente, de forma que a movimentação de apenas uma delas seja insuficiente para provocar efeito perceptível”.

A pesquisa tem uma abordagem quantitativa, visto que utiliza uma estrutura de análise econômica e financeira, a partir dos custos apurados.

Para este estudo, foram considerados dois componentes do sistema de produção de cana: preparo do solo e plantio. Nesses componentes, as estratégias de produção, bem como os processos de manejos adotados pelas usinas e fornecedores são variáveis, o que

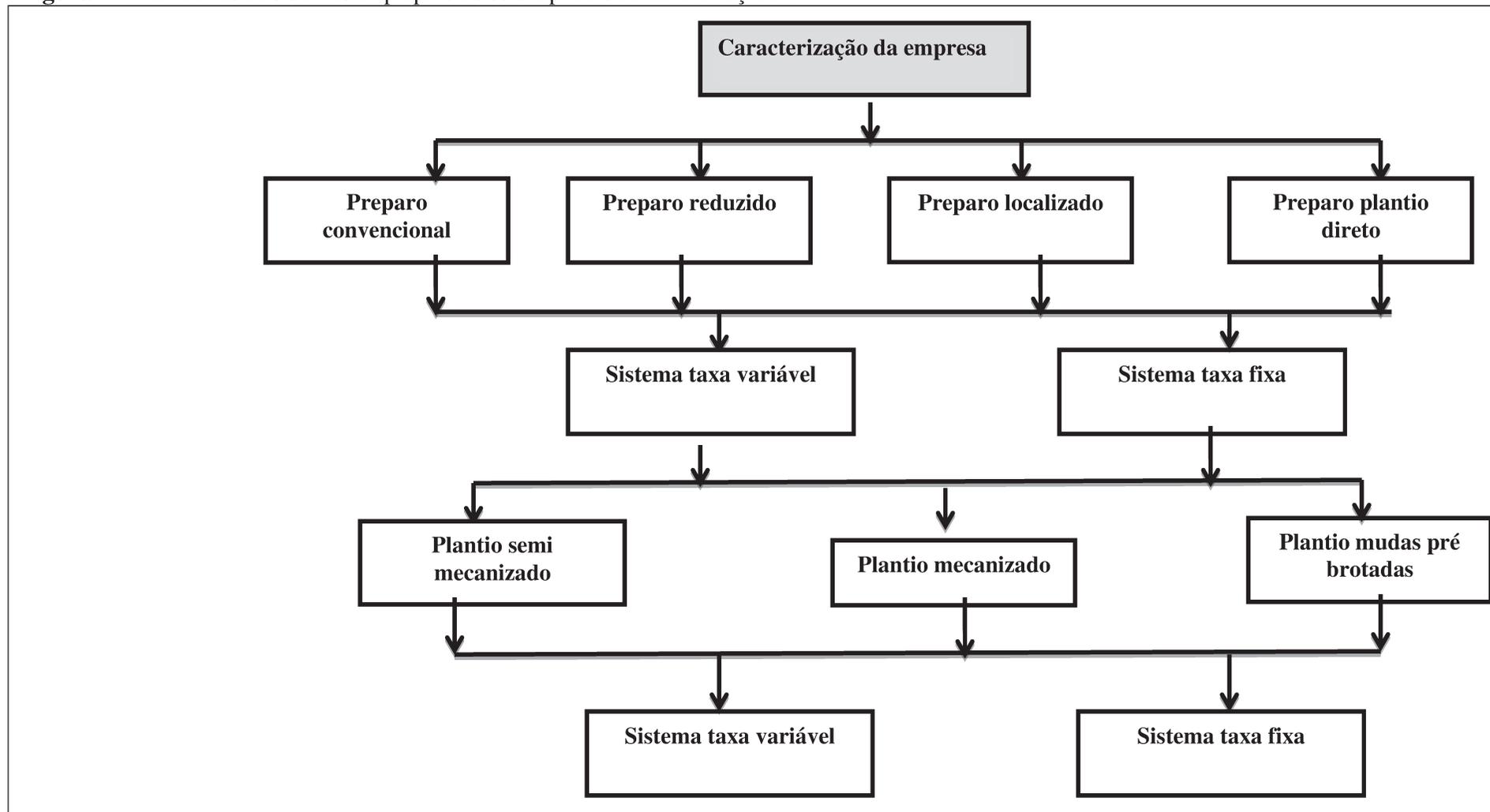
permite analisar e comparar as diferentes possibilidades de estratégia, quanto à eficiência no uso dos recursos e, conseqüentemente, propor uma alternativa que possa ser utilizada como referência ao complexo agrícola sucroenergético.

A **Figura 1** mostra o fluxograma da construção das variáveis investigadas e as opções do sistema de preparo do solo e plantio de cana-de-açúcar, seja por usinas ou fornecedores, pois a análise contempla quatro sistemas de preparo do solo, três sistemas de plantio e dois sistemas de aplicação de corretivos ou fertilizantes. Assim existem 48 métodos ou alternativas para o preparo do solo e plantio de cana-de-açúcar.

Para os quatro sistemas mais utilizados de preparo do solo no setor sucroenergético, podem ser utilizadas duas formas de aplicação de corretivos e fertilizantes e defensivos, a de taxa fixa e a de taxa variável, ou seja, existem oito sistemas que podem ser utilizados para o preparo do solo.

A Figura 1, também, indica que, nos três sistemas de plantio, podem ser utilizadas as duas formas de aplicação (taxa fixa ou taxa variável), na aplicação de fertilizantes, defensivos e toletes. Portanto, existe a combinação de seis sistemas de plantio de cana-de-açúcar, e o método baseia-se na possibilidade de avaliar uma parte do sistema agrícola do setor sucroenergético pela quantificação parcial, que abrange o preparo do solo e o plantio de cana-de-açúcar. Assim, o modelo analisa os indicadores técnicos e econômicos dos diversos métodos de preparo do solo e plantio de cana-de-açúcar.

Figura 1- Alternativas de sistemas de preparo do solo e plantio de cana-de-açúcar.



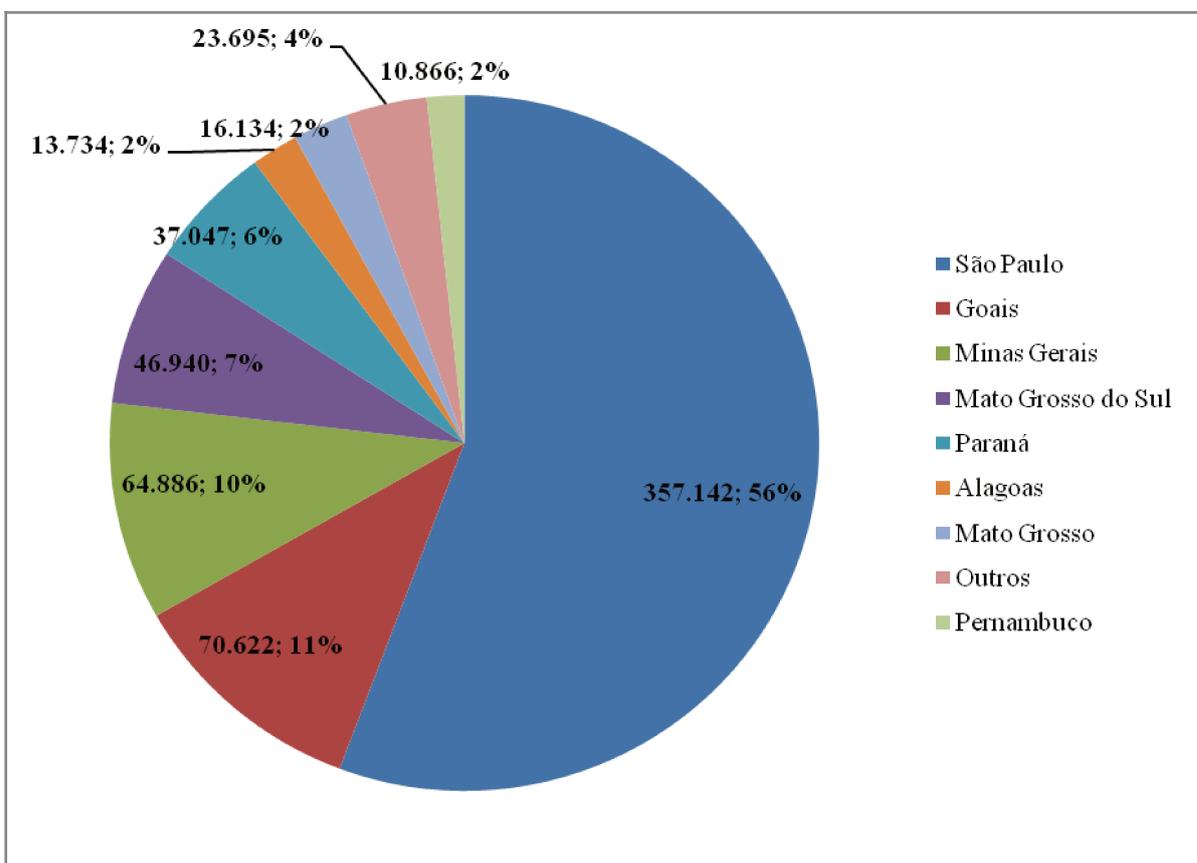
Fonte: Elaborado pelo autor.

Para identificar as características do sistema utilizado, em cada usina e/ou fornecedor independente, foram utilizadas as respostas do questionário apêndice A, representando os aspectos antes apontados por Moreira; Bonizio, (2012). As principais variáveis utilizadas, para efetuar a comparação entre o produtor independente e grandes produtores (usinas de açúcar e álcool), são produtividade e custo por tonelada.

3.1.1 Estimativa de Tamanho de amostra pesquisada

A pesquisa foi realizada em usinas de cana-de-açúcar e fornecedores de cana-de-açúcar localizados no estado de São Paulo, Brasil. A escolha dos locais foi intencional, dada a representatividade do estado para o setor sucroenergético. Além do estado de São Paulo ser o maior produtor, conforme demonstra o **Gráfico 4**, concentra 56%, entre as 157 usinas das 371 usinas ativas no país (CONAB, 2015).

Gráfico 4- Estados com maior representatividade de moagem de cana-de-açúcar na safra 2017/2018 do Brasil em mil toneladas.



Fonte: Elaborado pelo autor, a partir de (UNICA, 2018).

Para definir a quantidade de usinas, para participar da pesquisa, utilizou-se o sistema de amostragem, de acordo com Santos (2016a), conforme a Equação 3.

$$n = N \times Z^2 \times p \times \frac{(1-p)}{Z^2} \times p \times (1-p) + e^2 \times (N-1) \quad (3)$$

Sendo:

n= amostra

N= população

e: erro (0,05)

z= está relacionado ao coeficiente de 90% de confiança (1,65)

p= informação a priori sobre a característica da população (0,03)

n= tamanho da população.

Para esta amostragem, foi utilizada uma população de 157 usinas, número que se refere à quantidade de usinas e destilarias ativas do estado de São Paulo em 2016 (CONAB, 2015). Com isso, o resultado da amostra foi 27 usinas. Entretanto, a pesquisa abordou 31 usinas.

Para o agrupamento das 31 usinas, foi considerada a classificação em relação ao tamanho das usinas. Segundo o Laboratório Nacional de Ciências e Tecnologia do Bioetanol, ao analisar o questionário do trabalho de Zorzo (2015), sugeriu-se que se classificassem as usinas da seguinte forma: até 1 milhão de toneladas de cana-de-açúcar, usinas de pequeno porte, entre 1 a 3 milhão de tonelada de cana-de-açúcar, usinas de médio porte e acima de 3 milhões de toneladas de cana-de-açúcar, usinas de grande porte. Todavia, esta pesquisa abordará as usinas de médio porte.

Para a amostragem dos fornecedores, foram selecionados os que são independentes das usinas e destilarias para realizarem o plantio e o preparo do solo em suas propriedades. Do total de 18.078 produtores da região Centro Sul do Brasil, optou-se por selecionar os produtores que fornecem entre 10.000 a 100.000 toneladas de cana-de-açúcar, às usinas. No entanto, os fornecedores que fornecem essa quantidade de cana-de-açúcar às usinas e destilarias são considerados como médio produtor. Essa classificação foi recomendação do Laboratório Nacional de Ciências e Tecnologia do Bioetanol, referente ao trabalho de Zorzo (2015) para classificar o tamanho dos fornecedores.

Utilizando o mesmo sistema de amostragem daquele utilizado, para as usinas (SANTOS, 2016b), em que foi considerado erro (0,04), z= está relacionado ao coeficiente de 90% de confiança; p= informação a priori sobre a característica da população (0,03), o tamanho da amostra foi de 42 produtores.

Com base na identificação da amostra, foi realizada uma estratificação em três grupos: pequeno, médio e grande entre as usinas e fornecedores, a fim de identificar qual é o

maior percentual de grupo dentro de cada intervalo realizado por meio do desvio-padrão. Este parâmetro é muito utilizado, em estatística, para medir a variação dos conjuntos de elementos (IPEA, 2006).

As informações desta pesquisa foram coletadas por meio de questionários aplicados aos responsáveis pelo setor agrícola das usinas e dos fornecedores do estado de São Paulo no período de janeiro de 2017 a agosto de 2017.

3.1.2. Instrumento de Coleta

A compreensão por questionário é dada pelo conjunto de questões que são respondidas por escrito pelo pesquisado [...]. “O questionário constitui o meio mais rápido e barato de obtenção de informações, além de não exigir treinamento pessoal e garantir o anonimato” (GIL, 2009, p. 114-115).

Quanto à forma, o questionário da presente pesquisa classifica-se como semiestruturado, pois cada participante da pesquisa respondeu por escrito a uma série de perguntas preestabelecidas, seguidas por um *script*, que devia ser seguido de forma padronizada. O questionário compreendeu 10 perguntas e foi dentro do limite (25) proposto por Wright et al. (2000). Cada pergunta evidencia um tipo de variável, quantitativa e/ou qualitativa. As questões demandam respostas objetivas, contínuas ou categóricas. Estas variáveis estão descritas no **Quadro 6**.

Quadro 6 Descrição e unidades das variáveis analisadas.

Variável	Descrição	Unidades
Caracterização das usinas e fornecedores	Quantitativa; variável relacionada às características das usinas e fornecedores	ha.
Área de reforma	Quantitativa; variável relacionada ao percentual de área reformada naquela safra e quanto este valor representa em área de reforma.	Percentual
Números de preparo do solo utilizados	Quantitativa; variável relacionada à quantidade de preparo do solo utilizado.	Quantidade
Tipos de sistema no preparo do solo	Qualitativo e quantitativo; variável relacionada às características do tipo de sistema utilizado no preparo do solo:TF ou TV e seu percentual.	Percentual
Custo médio ponderado de preparo do solo (mecanização)	Quantitativa; variável relacionada ao custo com máquinas e equipamentos no preparo do solo.	R\$/ha.
Custo médio ponderado de preparo do solo (insumos)	Quantitativa; variável relacionada ao custo com fertilizantes, herbicidas, calcário, gesso, fosfatagem, etc.	R\$/ha.
Custo médio ponderado de preparo do solo (mão de obra)	Quantitativa; variável relacionada ao custo com mão de obra no preparo do solo.	R\$/ha.
Número de sistemas de plantio utilizados	Quantitativa; variável relacionada à quantidade de plantio utilizado.	Quantidade
Tipos de sistema plantio	Qualitativo e quantitativo; variável relacionada às características dos tipos de sistema utilizados no plantio: TF ou TV e seu percentual.	Percentual
Custo médio ponderado do plantio (mão de obra)	Quantitativa; variável relacionada ao custo com mão de obra no plantio.	R\$/ha.
Custo médio ponderado do plantio (mecanização)	Quantitativa; variável relacionada ao custo com máquinas e equipamentos no plantio.	R\$/ha.
Custo médio ponderado do plantio (insumos)	Quantitativa; variável relacionada ao custo com fertilizantes, inseticidas, fungicidas, entre outros no plantio.	R\$/ha.
Produtividade média da última safra	Quantitativa; variável relacionada à produção da última safra 2016.	Ton./ha.

Fonte: Elaborado pelo autor.

A validação desse questionário junto ao público-alvo ocorreu com a aplicação-teste, em cinco usinas da amostra inicial selecionadas, aleatoriamente, depois de ter sido realinhada pela banca examinadora - qualificação. Os questionários foram totalmente respondidos sem apontamentos ou dúvidas por parte dos respondentes, validando assim a sua utilização e, como não houve alteração nas perguntas, as respostas dessas usinas foram utilizadas. Ressalta-se que foi ofertada a todos os respondentes uma carta explicando os objetivos da pesquisa e garantindo aos entrevistados a confidencialidade das informações individuais.

Para contatar as usinas, levantaram-se os dados de contato (e-mails, telefones, endereço) de todas as usinas do estado de São Paulo pelo site da União dos Produtores de

Bioenergia (UDOP), além da capacidade de moagem e, na sequência, foi realizado um contato via telefone e/ou email para falar com o responsável do setor agrícola que soubesse da parte econômica e técnica do preparo do solo e do plantio, preferencialmente, o gerente/diretor da área agrícola e, na impossibilidade dos primeiros, os supervisores.

3.1.3 Custo Total Médio do Preparo do Solo = CTMPS

Para esta variável, buscaram-se parâmetros no relatório de custo de produção da SOCICANA (2016); Amorim et al. (2016). Esta variável foi analisada por caracterização do sistema utilizado taxa fixa (TF) e/ou taxa variável (TV) da pergunta 2 e da soma das perguntas 3, 4 e 5 do questionário, apêndice A.

O valor médio referente à soma do CTMPS está na terceira coluna do questionário, R\$ 1.800,00. Este valor foi encontrado pelos valores aproximados da média do valor máximo R\$ 2.924,00 e do valor mínimo R\$ 600,00. Sendo assim, foram estabelecidas mais duas colunas com valores abaixo do valor médio e duas colunas com valores acima do valor médio.

O valor estabelecido entre os intervalos de cada resposta, referente ao custo de cada item do preparo do solo, foi o valor mínimo encontrado entre as faixas de valores mencionados. A justificativa, para esta escolha e não do valor médio e do valor máximo, foram os valores totais mencionados, nas respostas dos entrevistados nos seus respectivos custos, além dos valores encontrados na literatura.

A soma do CTMPS foi realizada de duas formas: na primeira, foi realizada a média ponderada, pois várias usinas e fornecedores utilizam mais de uma modalidade de preparo do solo e, em alguns casos, utilizam os dois sistemas taxa fixa (TF) e taxa variável (TV).

Para interpretar o CTMPS de cada tipo de preparo do solo com seus respectivos sistemas, foi efetuada a soma e dividida pelo número de usinas, 31 e/ou fornecedor, 42. Para realizar o cálculo do percentual das usinas e fornecedores, efetuou-se a soma dos percentuais de cada tipo de preparo, com seus respectivos sistemas e dividida pela soma total, no caso as usinas 3.100, que equivalem as 31 usinas, utilizando 100% deste tipo de preparo e, no caso fornecedor, foi dividida por 4.200, que representam 42 fornecedores, utilizando 100% deste tipo de preparo.

A variável CTMPS foi respondida por soma do custo médio ponderado relacionado com: mão de obra, mecanização e insumos, utilizados nos seus respectivos tipos

de preparo do solo: preparo convencional, preparo mínimo, preparo reduzido, preparo localizado, preparo para plantio direto das perguntas 3, 4 e 5 do questionário, Apêndice A.

3.1.4 Custo Total Médio do Plantio = CTMP

Para esta variável, buscaram-se parâmetros no relatório de custo de produção da SOCICANA (2016); Amorim, et al. (2016). Esta variável foi analisada por caracterização do tipo de sistema utilizado (TF) e/ou (TV), pergunta 6 e da soma das perguntas 7, 8 e 9 do questionário, Apêndice A.

O valor médio referente à soma do CTMP da pergunta 3, 4 e 5 do questionário-apêndice A, R\$ 5.400,00. Este valor foi encontrado pela média do valor máximo R\$ 6.500,00, do valor médio R\$ 4.500,00 e do valor mínimo R\$ 4.485,00.

O valor estabelecido entre os intervalos de cada resposta, referente ao custo de cada item do plantio, foi o valor mínimo. A justificativa, para esta escolha e não do valor médio e do valor máximo, foram os valores totais mencionados, nas respostas dos entrevistados nos seus respectivos custos, além dos valores encontrados na literatura.

A soma do CTMP foi realizada de duas formas, como no preparo do solo: a primeira foi realizada pela média ponderada, pois várias usinas e fornecedores utilizam mais de uma modalidade de plantio e, em alguns casos, utilizam os dois sistemas taxa fixa (TF) e taxa variável (TV).

Para interpretar o CTMP de cada tipo de plantio, com seus respectivos sistemas, foi realizada a soma de todos os CTMP e dividida pelo número de usinas, 31 e/ou fornecedor, 42. Para encontrar o resultado referente ao percentual das usinas e fornecedores que utilizam cada tipo de plantio e sistema, foi realizada a soma dos percentuais de cada tipo de plantio, com seus respectivos sistemas e dividida pela soma total, no caso, as usinas 3.100, que equivalem às 31 usinas, utilizando 100% deste tipo de plantio e, no caso do fornecedor, foi dividida por 4.200, que representam os 42 fornecedores, utilizando 100% que utilizam este tipo de plantio.

Esta variável foi analisada pela soma do custo médio ponderado relacionado com: mão de obra, mecanização e insumos, utilizados nos seus respectivos tipos de plantio: plantio convencional, plantio mecanizado, plantio com mudas pré-brotadas, das perguntas 7, 8 e 9 do questionário, Apêndice A.

3.1.5 Produtividade = PROD

Esta variável tem como parâmetro a menor produtividade de 68 toneladas por hectares (ton./ha) e a maior de 90 ton./ha, tendo como referência, o cálculo do valor da produtividade média do estado de São Paulo, 85 (ton.ha). (MOREIRA e BONIZIO, 2012; AMORIM et al., 2016).

Neste aspecto, valores próximos a estes foram encontrados, ao analisar a quantidade de cana-de-açúcar produzida no estado de São Paulo, dividindo-a pela área colhida entre 1990 a 2015, em que o valor mínimo foi 72 ton./ha e o máximo 86 ton./ha (UDOP, 2016). A variável produtividade teve como referência a faixa entre 80- 89. Esta variável foi analisada na pergunta 10 do questionário, Apêndice utilizando dois intervalos inferiores e dois superiores com 10 toneladas.

Portanto, a produtividade estabelecida para a pesquisa, como o valor médio padrão, nos intervalos de cada resposta do questionário, foi de 80 toneladas. Este valor foi calculado pela média do valor mínimo, 72 toneladas e do valor máximo de 86 toneladas, mencionados pelos autores supracitados anteriormente.

O valor médio encontra-se na terceira coluna do questionário. Sendo assim, foram estabelecidos dois valores inferiores ao valor médio e dois valores superiores ao valor médio.

3.1.6 Procedimento de levantamento de dados

O quarto passo foi verificar com o responsável a disponibilidade de responder ao questionário teste, em que alguns optaram por enviar via e-mail e outros pessoalmente. Todavia esta opção não foi positiva, pois somente cinco usinas deram um *feedback* positivo de 19 usinas contatadas, ou seja, 26%. Esse resultado foi abaixo da pesquisa de doutorado de Silva (2009), cuja pesquisadora conseguiu 48% de aceite. Nesses contatos, verificou-se, que, mesmo não identificando as usinas nas pesquisas, as pessoas não se sentiram confiantes em mencionar seus custos de produção, principalmente, alguns dos grandes grupos do setor com ações no IBOVESPA.

Como o retorno do questionário para a amostra probabilística não foi adequada, decidiu-se pela estratégia de envio de forma intencional, por meio do uso extensivo em redes de relacionamento por tecnologia, neste caso, utilizou-se a rede social *LinkedIn* e Grupos do *WhatsApp* e, a partir do momento que se encontrava um profissional do setor do Estado de São Paulo, ele era contatado e verificado o seu cargo e conhecimento da atividade, para

garantir que apresentasse condições para responder às perguntas. Essa decisão permitiu o recebimento de 31 questionários respondidos de usinas.

Para os fornecedores de cana, a estratégia foi entrar em contato com a administração de importantes associações de cana-de-açúcar da região de Ribeirão Preto, SOCICANA, CANAOESTE. Essas duas associações congregam mais de 5.000 produtores que representam mais 40% dos produtores do Estado. Conseguiu-se, neste grupo, um total de 42 questionários respondidos; a baixa taxa de resposta deve-se a muitos produtores não terem as informações de custos de produção apuradas com qualidade, bem como o receio em responder aos questionários.

Desta forma, conseguiu-se um total de 73 questionários válidos que, apesar do número pouco expressivo quanto ao total da população, entende-se por representativo, pois não há dados registrados de usinas e fornecedores sobre estudos que tenham alcançado informações de custos sobre preparo do solo e plantio de uma amostra maior que a alcançada neste trabalho. Essa situação denota a relevância e ‘ousadia’ deste tipo de estudo que procura explorar os dados tais quais eles ocorrem na realidade.

Todos os participantes tiveram consentimento do Termo de Consentimento Livre e Esclarecido – Elaborado com base na Resolução n.º 466/2012, do Ministério da Saúde e nas orientações do Comitê de Ética em Pesquisa da Universidade Estadual de Campinas - UNICAMP, aprovaram o projeto da pesquisa, n.º 1.885.220, n.º CAAE: 58212716.0.0000.5404.

Para entender alguns aspectos relacionados ao tipo de preparo do solo e plantio, foram incluídas algumas variáveis, com o objetivo de identificar: o tamanho da usina e do fornecedor em hectares; o percentual da área de reforma; o percentual de cada tipo de preparo do solo; se a empresa utiliza Taxa fixa (TF) e/ou Taxa variável (TV), no preparo do solo e/ou ambos e seu percentual; o percentual de cada tipo de plantio; se a empresa utiliza (TF) e/ou (TV), no plantio e/ou ambos e seu percentual. Esta variável foi analisada por meio das perguntas 1, 2 e 6 do questionário, Apêndice A.

3.2 Métodos

Esta seção apresentará como ocorreram os meios de analisar os dados e qual parâmetro foi utilizado para demonstrar de forma estatística e representativa os respectivos valores.

3.2.1 *Análise dos dados*

Após o levantamento dos dados, foram realizadas a organização e a tabulação dos dados de custo de produção dos fornecedores e das usinas, realizadas em planilhas EXCEL. Foram agrupados nas categorias de custos agrícolas, mencionados nas variáveis do Quadro 6. Para a análise, foram construídas tabelas, comparando os custos de produção individualmente referentes aos insumos, mecanização e mão de obra no preparo do solo e plantio entre fornecedor e usina. Foram analisados os intervalos dos valores mínimos, médio e máximo das faixas de custos e produtividade em cada resposta, sendo considerado o valor médio entre todas as respostas mínimas de custos e o valor médio da produtividade de cana-de-açúcar.

3.2.2 *Percentual de preparo do solo e plantio, custos e produtividade, viabilidade econômica e de risco*

O capítulo 1 teve como objetivo apresentar o percentual de uso em cada tipo de preparo do solo, em relação à quantidade mencionada por cada usina e fornecedor, pois existem várias usinas e fornecedores que utilizam dois e/ou três tipos de preparo do solo e plantio e outros (as) utilizam apenas um tipo de preparo do solo e plantio com o sistema de taxa fixa e/ou o sistema de taxa variável. No entanto, este capítulo demonstrará os tipos de plantio, o percentual utilizado e o custo em R\$, por cada sistema, para usinas e fornecedores, dados estes, ainda, pouco explorados e que nortearão acadêmicos e o setor para refletirem sobre suas estratégias de preparo e plantio.

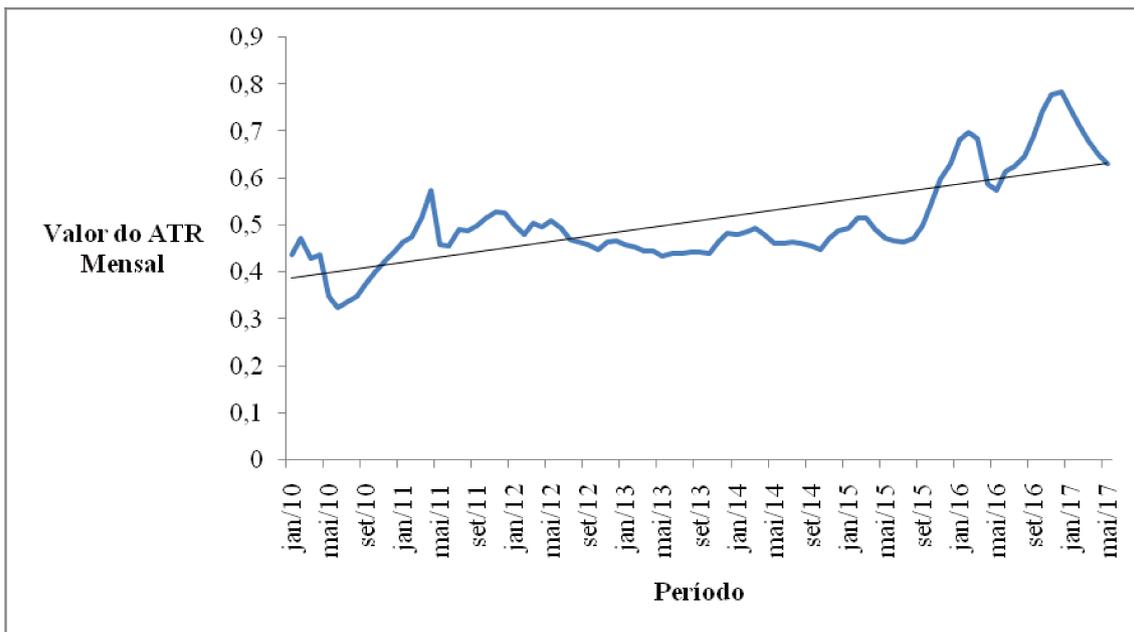
Na análise de custos, o valor monetário utilizado foi o real, moeda brasileira pertencente ao universo pesquisado e, a partir da tabela organizada, foi possível fazer uma comparação entre os custos de produção por tipo de preparo e plantio utilizado e por estratificação entre os grupos referentes aos custos de produção de 2016, realizado a partir de informações secundárias, referentes aos custos dos tratos culturais da cana soca, ao corte, carregamento e transporte (CCT), (SOCICANA, 2016). De posse desses dados foi possível analisar os custos por tonelada em cada quesito analisado e por safra.

As despesas com a depreciação do investimento em máquinas e equipamentos, somente foi contabilizada nos fornecedores de pequena escala e nas usinas de média escala, dado que esses grupos são os de maior representatividade na amostrada de produtores analisada.

Para calcular a receita, foi utilizada a produtividade indicada às respostas do questionário, (Apêndice A), como produtividade média no ano de 2016 e, assim, foi calculada, a partir desse valor, uma estimativa média de cinco, (5) cortes. O valor do ATR foi calculado, usando os dados do valor médio entre os anos de 2003 a 2016 na região Centro-Sul (CONSECANA, 2006).

A receita foi calculada, utilizando os dados de produtividade indicados por cada grupo, (dados primários), multiplicando pelo valor em R\$ do ATR, (dados secundários), multiplicado pela quantidade de quilos por toneladas produzidas por hectare (dados secundários). A variação do preço do ATR mensalmente entre janeiro de 2010 a abril de 2017 é evidenciado no **Gráfico 5**

Gráfico 5 - Valor do ATR Mensal entre janeiro de 2010 a abril de 2017.



Fonte: Elaborado a partir de UDOP (2017).

O valor mínimo foi 0,32, quilos de Açúcar Total Recuperado por tonelada de cana (kg/ATR/Ton./cana) referente a junho de 2010, o valor médio foi 0,50 kg/ATR/Ton./cana e o valor máximo foi 0,78, kg/ATR/ (Ton./cana), referente a dezembro de 2016. Essa discrepância nos valores corrobora com o valor encontrado no desvio-padrão de 7%. Valores próximos a esse, 7,29%, foram encontrados no trabalho de Santos *et al.* (2016) ao analisar as variações de 2010 a 2014.

Os dados primários utilizados, para a elaboração do fluxo de caixa das usinas, foram os custos de produção, plantio e a produtividade de toneladas por hectare que evidencia a receita. Posteriormente foi realizada uma análise econômica Valor Presente Líquido (VPL) e a Taxa interna de Retorno (TIR).

O VPL é uma técnica de orçamento sofisticada, e o seu valor é determinado pela subtração do valor inicial de um projeto, do valor presente dos fluxos de entrada de caixa, descontados a uma taxa igual ao custo do capital da empresa (GITMAN, 2002).

De acordo com Motta e Calôba (2011, p. 116), a TIR trata-se de “um índice relativo que mede a rentabilidade do investimento por unidade de tempo, necessitando, para isso, que haja receitas envolvidas, assim como investimentos”.

A análise de risco dos fornecedores e das usinas foi analisada, nos cenários reais, otimistas e pessimistas, para um período de 10 anos, capítulo 2. Este período foi escolhido por ser considerada a depreciação das máquinas e tratores utilizados neste setor e por analisar dois ciclos completos da cultura.

A análise de risco foi realizada, a partir da aplicação do método de Monte Carlo, no *software Crystal Ball*, versão gratuita, utilizando o *software Oracle Crystal Ball*, extensão do *Excel* para proporcionar a análise das projeções por meio de uma abordagem estocástica.

O fluxo de caixa líquido (FCL) de cada ano foi determinado por três valores, que caracterizam os cenários estabelecidos (real, otimista e pessimista). Os pressupostos foram definidos em distribuições triangulares, utilizando a simulação do valor de cada ano, por meio do FCL mais provável, o valor do cenário real; como mínimo, o valor do cenário pessimista; e como máximo, o valor do cenário otimista e foram elaboradas duas tabelas (FCL e Saldo), para fornecedor e usinas com as variáveis encontradas nos cenários, além disso, foi realizada a adição de duas novas colunas: Simulação e Distribuição Triangular.

Na coluna simulação, foram inseridas as variáveis de entrada que darão suporte à simulação, sendo denominadas pelo *Crystal Ball* de ‘Pressupostos’. Esse tipo de distribuição é sugerido na coluna Distribuição, no qual foram realizadas todas as distribuições triangulares. O motivo da escolha desse modelo é em razão das necessidades apresentadas, para modelagem. No entanto cada ano se torna uma variável de entrada na simulação denominada como pressuposto.

Martin *et al.* (2007) constataram que a distribuição de probabilidade triangular pode ser aplicada em casos em que são possíveis determinar o valor mais provável, os valores mínimos e os valores máximos da variável aleatória. A variável analisada neste modelo

representa os valores totais (FCL e Saldo) do projeto, mediante as simulações individuais de cada ano.

O capítulo 2 foi analisado, a partir das variáveis tomadas como essenciais, para a modelagem dos problemas referentes às áreas dedicadas a cada tipo de combinação entre tipo de preparo e tipo de plantio. Assim, a variável y_j representa a porcentagem de área dedicada ao sistema j , $j=1, \dots, 48$. Os 48 sistemas se dão pela combinação entre as quatro opções de plantio e as três opções de preparado, além da diferenciação sobre taxa fixa e taxa variável para cada sistema.

Os custos relacionados a cada sistema foram categorizados, em custos de insumo, mecanização e mão de obra, sendo que o custo total de um sistema é a soma desses três custos. As análises foram feitas com relação ao custo total, produção, receita e lucro. A resolução do modelo proposto se deu pelo *software Matlab* R2016a; para o modelo biobjetivo, foi utilizada a rotina *gamultobj*. No entanto, para o modelo mono-objetivo, foi utilizada a rotina *linprog*.

3.2.3 Modelo biobjetivo

A relação produção-custo foi modelada com um método de programação linear biobjetivo. Os objetivos analisados nesse modelo foram a maximização da produção e a minimização dos custos.

$$\text{Min Custo} = \min \left[\sum_{j=1}^n ci_j y_j, \sum_{j=1}^n cm_j y_j, \sum_{j=1}^n co_j y_j, \sum_{j=1}^n ci_j x_j, \sum_{j=1}^n cm_j x_j, \sum_{j=1}^n co_j x_j \right] \quad (03)$$

$$\text{Max Produtivid.} = \max \left[\sum_{j=1}^n p_j y_j, \sum_{i=1}^n p_i x_i \right] \quad (04)$$

Onde:

Y: área dedicada a cada combinação entre preparo e plantio (%)

X: área dedicada a reforma (%)

J: Combinação entre todos os sistemas do preparo (R\$)

I: Combinação entre todos os sistemas do plantio (R\$)

ci_j: Custo dos insumos para a reforma e plantio utilizando sistema J (R\$)

cm_j: Custo de mecanização para reforma e plantio utilizando o sistema J (R\$)

co_j: Custo mão-de-obra para reforma e plantio usando sistema j (R\$)

p_j: Produção relacionada ao sistema J (Ton./ha.)

p_i: Produção relacionada ao sistema I (Ton./ha.)

Com as seguintes restrições:

$$\sum_{PL} \sum_{PM} \sum_{PPD} \sum_{PC} = 1 \quad \sum_{SM} \sum_{MPB} \sum_M = 1 \quad \sum_X \leq 1 \quad \sum_Y = 1$$

Onde:

PL: Área com preparo localizado (%)

PM: Área com plantio mínimo (%)

PPD: Área com preparo para plantio direto (%)

PC: Área com preparo convencional (%)

SM: Área de plantio semimecanizado (%)

MPB: Área de plantio com mudas pré-brotadas (%)

M: Área de plantio mecanizado (%)

Neste modelo o primeiro objetivo dado pela Equação (3), tem-se a minimização do custo relacionado à produção e, o segundo objetivo da Equação (4), representa a maximização da produção. As restrições de produção foram mencionadas e a porcentagem da área cultivada será sempre menor ou igual a 100%, ou de modo equivalente, menor ou igual a 1 com a área de reforma foi delimitada para 30%.

Os valores de custo máximo e mínimo foram calculados, utilizando um desvio-padrão quanto ao custo médio encontrado na pesquisa de campo. A produção média, para cada sistema, foi calculada com base nos resultados do formulário, bem como a melhoria de produção gerada a partir da área reformada.

A solução de um problema biobjetivo gera uma curva de soluções conhecidas como fronteira de Pareto. A curva representa o *tradeoff* entre as soluções não dominadas do problema, ou seja, os pares com a melhor relação custo-produção. As soluções encontradas foram descritas, no modelo (1)-(4), os objetivos empregados foram de maximização da produção e minimização dos custos totais, plantação e reforma.

4. RESULTADOS E DISCUSSÕES

4.1 Fornecedores

Os resultados obtidos sobre a maior receita entre os fornecedores estratificados foram os fornecedores de médio porte, pois produzem mais (ton./ha.) 5,1% maior que os fornecedores grandes e 1,1% maior que os pequenos produtores.

O menor custo com mão de obra do preparo do solo foi dos fornecedores de pequeno porte, 9,22% inferior que os fornecedores de grande porte e 48%, inferior, que os fornecedores de médio porte. A mecanização com menor custo de preparo do solo foi dos fornecedores pequenos 7% inferior aos fornecedores grandes e 21% inferior aos fornecedores médios. Os insumos não demonstraram diferenças significativas entres os três tamanhos de fornecedores. Ademais, o menor custo total de preparo do solo foi dos fornecedores pequenos 5% inferior ao fornecedor grande e 19% inferior ao fornecedor médio.

Entre os quatro tipos de preparo do solo com maior representatividade, para os fornecedores, o que obteve maior produção foi o preparo do solo convencional com TV, 92,5 (ton./ha.), preparo convencional com TF 91 (ton./ha.), preparo mínimo com TF 88 (ton./ha) e o preparo plantio direto com TF 87 (ton./ha.).

O custo por tonelada de cana-de-açúcar, (ton./cana) no sistema de preparo convencional com TV foi de R\$ 17,29. O custo por ton./cana, no preparo convencional com TF de R\$ 15,12. O custo por ton./cana no preparo mínimo com TF foi de R\$ 12,15. O custo por ton./cana no preparo para plantio direto com TF foi de R\$ 11,90. Esse resultado condiz com a afirmação da NOVACANA (2013), ao relatar que esse sistema tende a ter um custo 10% inferior aos demais. No entanto, é o sistema com maior percentual de reforma.

Portanto, mesmo produzindo mais que todos os outros tipos de preparo do solo, o preparo do solo com TV foi o sistema com maior custo por tonelada de cana-de-açúcar, 68% superior ao sistema com menor custo; o preparo do solo, para o plantio direto com TF; mas o sistema com menor área de reforma foi o preparo do solo mínimo com (TF) 7%; uma diferença de 46,6% ao segundo colocado, preparo do solo convencional com TF; 65% inferior ao preparo do solo convencional com TV e 68% inferior ao preparo do solo para plantio direto com TF.

Entre os três tipos de plantio com maior representatividade para os fornecedores, o que obteve maior produção foi o plantio de mudas pré-brotadas com TF, 95 (ton./ha.),

plântio mecanizado com TF 88 (ton./ha) e o plântio semimecanizado com taxa fixa 84 (ton./ha.).

O menor custo com mão de obra do plântio entre os grupos estratificados dos fornecedores foram os fornecedores de médio porte, 3% inferior aos fornecedores de grande porte e 10% inferiores aos fornecedores de pequeno porte. A mecanização com menor custo do plântio foi dos fornecedores médios, 4% inferior aos fornecedores grandes e 7% inferior aos fornecedores pequenos. Os insumos dos fornecedores referentes ao plântio com menor custo foram os fornecedores médios 2% inferior aos fornecedores grandes e 4% inferior aos fornecedores pequenos.

O menor custo total por hectare, referente ao plântio foram os fornecedores médios, 3% menor que os fornecedores grandes e 5% menor que os fornecedores pequenos. Portanto, o menor custo total de preparo do solo e plântio do grupo dos fornecedores por tonelada de cana foi o grupo de grande porte R\$ 71,34/ha.

4.2 Usinas

A maior receita obtida entre os grupos estratificados das usinas foram às usinas de pequeno porte, 4,6% superior que as usinas de médio porte e 2,3% superior que as usinas de grande porte. O menor custo com mão de obra no preparo do solo entre os grupos das usinas foi o grupo de grande porte, 15% inferior que as usinas pequenas e 55% inferior que as usinas médias. A mecanização com menor custo no preparo do solo do grupo das usinas foram as de grande porte, 31% inferior que as usinas pequenas e 41% inferior que as usinas médias, e os insumos no preparo do solo com menores custos foram das usinas grandes 1% inferior que as usinas pequenas e 14% inferiores que as usinas médias.

Entre os três tipos de preparo do solo com maior representatividade para as usinas, o que obteve maior produção foi o preparo do solo convencional com TV, R\$ 86,00 (ton./ha.), preparo convencional com TFR\$ 84,00 (ton./ha.), e o preparo localizado com TFR\$ 65,00(ton./ha). O resultado condiz com o trabalho de André (2009), ao afirmar que o sistema de preparo convencional apresentou a maior produtividade, comparando com o preparo para plântio direto e o preparo reduzido.

O custo por ton./cana no sistema de preparo convencional com TV foi de R\$ 23,02. O custo por (ton./cana) no preparo convencional com TF foi R\$ 22,90. O custo por no preparo localizado com TF foi R\$ 24,61. Contudo, é o sistema com maior percentual de reforma, é o sistema convencional com TF e o menor é o preparo localizado com TF.

Ademais, mesmo produzindo mais que todos os outros tipos de preparo do solo, o preparo do solo com TV foi o sistema com maior custo por tonelada de cana-de-açúcar, 68% superior ao sistema com menor custo; o preparo do solo para o plantio direto com TF; mas o sistema com menor área de reforma foi o preparo do solo mínimo com TF 7%; uma diferença de 46,6% ao segundo colocado, preparo do solo convencional com TF; 65% inferior ao preparo do solo convencional com TV e 68% inferior ao preparo do solo para plantio direto com TF.

Nestes tipos de sistemas de preparo do solo, não houve como diferenciar o sistema mais eficiente, pois o preparo do solo convencional com TF obteve o menor custo por (ton./cana). No entanto, essa diferença foi de 0,5% do custo total do preparo do solo por (ton./cana) e 2,32% na diferença de produtividade por hectare entre os dois tipos de preparo do solo. Esses resultados concordam com os resultados de Tavares *et al.* (2010), ao mencionar que não encontraram diferenças entre os sistemas de preparo mínimo e o preparo de plantio direto, comparando com o sistema convencional.

Ademais, o menor custo total de preparo do solo foi dos o menor custo total de preparo do solo foi das usinas de grande porte, 22% inferior aos fornecedores de pequeno porte e 46% inferior as usinas de pequeno porte.

Os três tipos de plantio para as usinas com maior representatividade, o que obteve maior produtividade, foi o plantio mecanizado com TV, 85 (ton./ha.), seguido do plantio mecanizado com TF 81,8 (ton./ha) e o plantio semimecanizado com TF 80 (ton./ha.).

Os menores custos com mão de obra do plantio foram com o grupo das usinas de grande porte, 10% inferior que as usinas de médio porte e 15% inferiores às usinas de pequeno porte. A mecanização com menor custo do plantio foi das usinas grandes, 9% inferior que as usinas pequenas e 28% inferior às usinas médias. Os insumos referentes ao plantio das usinas que obtiveram menores custos foram das usinas grandes 1% menor que as usinas pequenas e 8% inferior às usinas médias.

O custo por (ton./cana) no plantio mecanizado com TV foi R\$ 60,84, no plantio semimecanizado com TF foi R\$ 67,71 e, no plantio mecanizado com TF R\$ 64,09 (ton./ha). Portanto, o menor custo total do plantio por hectare foi das usinas grandes, 2% inferior que as usinas pequenas e 12% inferior que as usinas médias, e o menor custo total de preparo do solo e plantio foi o grupo das usinas grandes R\$ 71,34/ha 7% inferior que as usinas pequenas R\$ 76,44/ha e 18% menor que as usinas médias R\$ 87,09/ha.

4.3 Conclusão

Os resultados sobre os custos do preparo e plantio, nos grupos estratificados de usinas e fornecedores, ficaram evidentes, que os maiores grupos tiveram um maior custo de produção. Este fato não corrobora com a afirmação de Santos et al. (2018) em que mencionam que o tamanho da unidade produtiva interfere nos resultados agrícolas.

A amplitude do percentual de área reformada dos fornecedores e das usinas fica entre 5% a 15%. Todavia um maior percentual de reforma não caracteriza uma maior produção de cana-de-açúcar, e os fornecedores conseguem produção maior com um custo do preparo e plantio inferior às usinas tanto no custo máximo, médio e mínimo.

O sistema de preparo do solo convencional e o plantio de mudas pré-brotadas, ambos com taxa fixa TF, proporcionam maior receita para as usinas e fornecedores. O sistema de preparo do solo localizado com taxa variável TV e o plantio semimecanizado com TF proporcionam maior lucro para as usinas, e o sistema de preparo convencional com TF e o plantio mecanizado com TF proporcionam aos fornecedores um maior lucro.

Portanto, mesmo produzindo mais que todos os outros tipos de preparo do solo, o preparo do solo com TV foi o sistema com maior custo por tonelada de cana-de-açúcar, 68% superior ao sistema com menor custo; o preparo do solo, para o plantio direto com TF; mas o sistema com menor área de reforma foi o preparo do solo mínimo com TF 7%; uma diferença de 46,6% ao segundo colocado, preparo do solo convencional com TF; 65% inferior ao preparo do solo convencional com TV e 68% inferior ao preparo do solo para plantio direto com TF.

O custo por ton./cana no sistema de preparo convencional com TV foi de R\$ 23,02. O custo por (ton./cana) no preparo convencional com TF foi R\$ 22,90. O custo por (ton./cana) no preparo localizado com TF foi R\$ 24,61, mas é o sistema com maior percentual de reforma, é o sistema convencional com TF e o menor é o preparo localizado com TF.

Portanto, nestes tipos de sistemas de preparo do solo, não houve como diferenciar o sistema mais eficiente, pois o preparo do solo convencional com TF obteve o menor custo por (ton./cana). No entanto, essa diferença foi de 0,5% do custo total do preparo do solo por (ton./cana) e 2,32% na diferença da produtividade/ha entre os dois tipos de preparo do solo. Esses resultados concordam com os resultados de Tavares *et al.* (2010), ao mencionar que não encontraram diferenças entre os sistemas de preparo mínimo e o preparo de plantio direto, comparando com o sistema convencional.

O menor custo por (ton./cana) foi no plantio semimecanizado com TF R\$ 61,82, no plantio mecanizado com TF R\$ 58,77 e no plantio de mudas pré-brotadas com TF R\$

56,40. Todavia o plantio com maior percentual de área de reforma é o plantio de mudas pré-brotadas. Portanto, nestes três sistemas de plantio analisados, o mais eficiente, relacionado à produtividade/ha e custo por tonelada, foi o plantio de mudas pré-brotadas.

O plantio com maior percentual de área de reforma é o plantio mecanizado com TV 17%, 5,9% superior ao plantio mecanizado com TF 16% e 17,6% superior ao plantio semimecanizado com TF, 14%. Portanto, nestes três sistemas de plantio analisados, o melhor 'custo/benefício', relacionado à produtividade/ha e custo/ton., foi o plantio de mecanizado com TV.

O sistema de plantio mecanizado representa o maior percentual de área de reforma. Esse fato corrobora a afirmação de Afonso et al. (2018), ao mencionar que este tipo de plantio tem uma maior probabilidade de falhas, quando comparado aos demais.

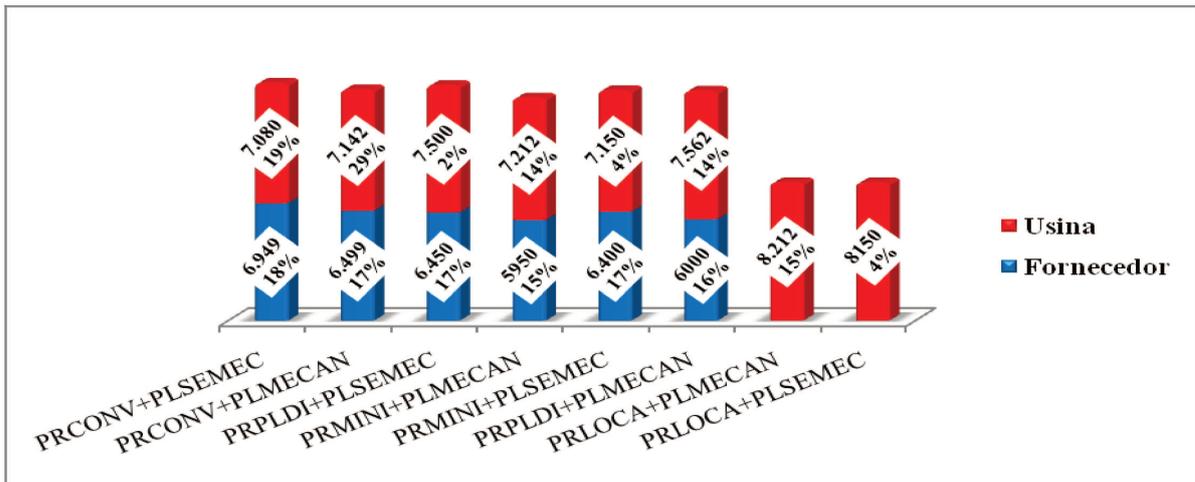
O sistema de plantio de mudas pré-brotadas em fornecedores e usinas apresentam os menores percentuais em áreas comerciais e corrobora com a afirmação de Gazola et al. (2017), mencionando que este sistema é um método com maior predominância para viveiros de mudas.

Afonso et al. (2018) relataram que este sistema não tem se expandido muito em razão do custo das mudas ainda serem elevados e das práticas de manejo, posteriormente ao plantio, como a irrigação e que este sistema tem o maior custo, quando comparado ao plantio mecanizado e ao plantio semimecanizado. Todas as combinações de sistemas de plantio em fornecedores e usinas evidenciaram custos superiores a R\$ 5.000,00/ha, indo ao encontro do trabalho de Amorim et al. (2018). A seguir, o resultado referente aos custos de preparo do solo e plantio entre fornecedores e usinas.

4.4 Preparo de solo e Plantio.

Os dados do Gráfico 6 indicam os custos e o percentual utilizados por fornecedores e usinas com o sistema de taxa variável ((TV). Nesse gráfico, os valores comparativos entre usinas e fornecedores nos mesmos sistemas de preparo e plantio com TV apresentaram desvio-padrão entre todas as combinações dos fornecedores de R\$ 267,00 e valor médio de R\$ 6.374,83. O desvio-padrão entre todos os sistemas de preparo e plantio das usinas utilizando TV foi de R\$ 355,51 e custo médio de R\$ 7.501,00.

Gráfico 6- Tipos de sistemas com taxa variável no preparo do solo e plantio em fornecedor e usinas (R\$/ha.).

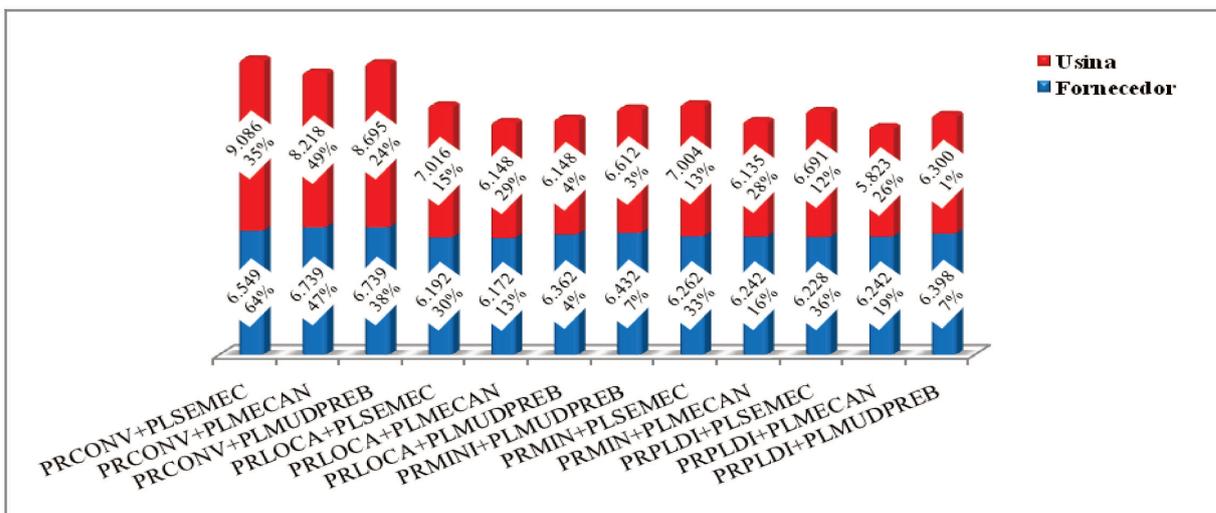


Fonte: Elaborado pelo autor.

*:PRCONV= preparo convencional; PRPLDI= preparo para plantio direto; PRMINI= preparo mínimo;PRLOCA= preparo localizado; PLSEMEC= plantio semimecanizado; PLMECAN= plantio mecanizado.

A produtividade de preparo do solo convencional e do plantio convencional, ambos com TV, foi 83 (ton./ha.). O seu custo total por (ton./cana) foi R\$ 85,30. A produtividade do preparo convencional e o plantio mecanizado com TV foi R\$ 85,5 (ton./ha.) e o custo de produção por hectare R\$ 85,53. A produtividade do preparo localizado e o plantio mecanizado com TV foi 75 (ton./ha.) e o custo de produção por (ton./cana) R\$109,50. A produtividade do preparo mínimo e o plantio mecanizado com TV foi 80 (ton./ha) e o custo por (ton./cana) foi R\$ 90,15. O **Gráfico 7** mostra os custos e percentuais dos sistemas que utilizam o sistema de TF no preparo do solo e no plantio nos fornecedores e usinas .

Gráfico 7-Tipos de preparo do solo e plantio com (TF) em fornecedores e usinas (R\$/ha).



Fonte: Elaborado pelo autor.

*:PRCONV= preparo convencional; PRLOCA= preparo localizado; PRMINI = preparo mínimo; PRPLDI= preparo para plantio direto; PLSEMEC= plantio semimecanizado; PLMECAN= plantio mecanizado; PLMUDPREN = plantio de muda pré-brotada.

O desvio-padrão entre todos os sistemas de preparo e plantio com TF dos fornecedores foi R\$ 199,12 e o valor médio para este tipo de sistema foi R\$ 6.394,38/ha. A maior produtividade dos sistemas analisados foi o preparo do solo convencional e o plantio de mudas pré-brotadas, ambos com TF 93 (ton./ha.) e o custo (ton./cana) foi R\$ 72,46.

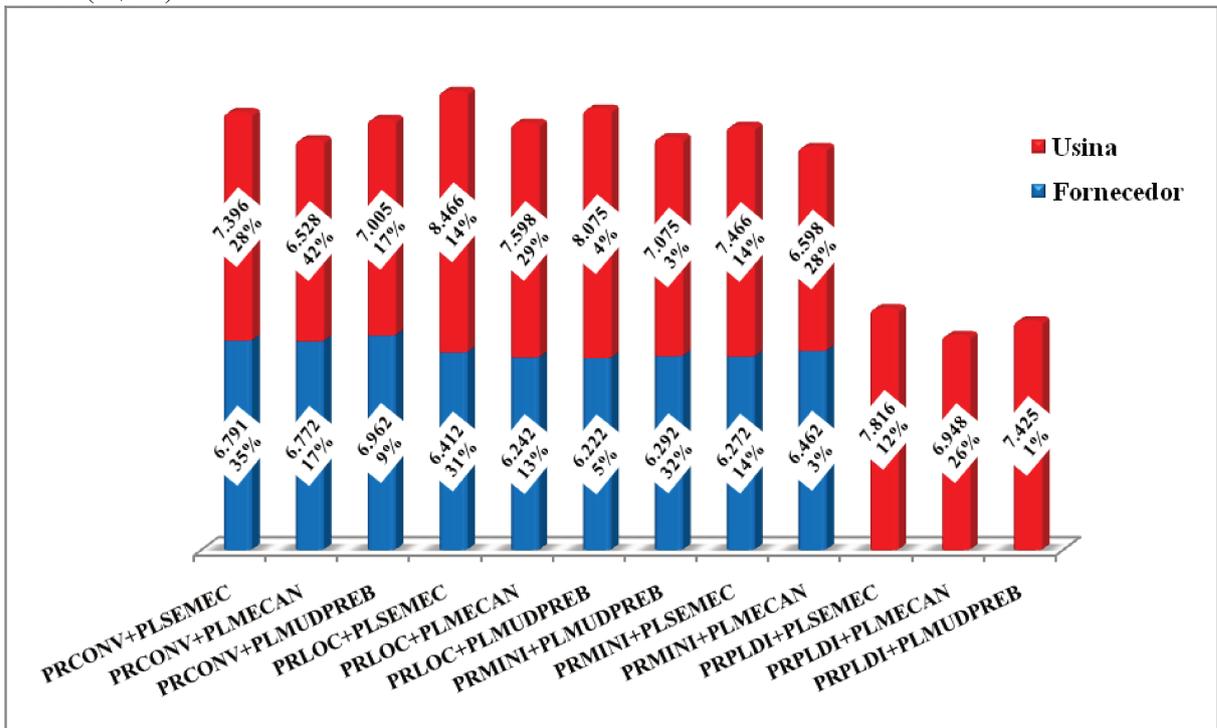
A produtividade do preparo convencional e o plantio semimecanizado, ambos com TF, foi 87,62 (ton./ha.) e o seu custo (ton./cana) R\$ 74,75. A produtividade desta combinação é uma das mais utilizadas e evidencia uma proximidade da realidade da produtividade média do estado de São Paulo 85 (ton./ha) (UDOP, 2016).

A produtividade do preparo mínimo com o plantio semimecanizado, com TF foi 86,26 (ton./ha.) e o seu custo (ton./cana) R\$ 72,58. A produtividade do preparo mínimo e o plantio mecanizado com TF foi 88,17, (ton./ha) e o custo de (ton./cana) R\$ 70,81 (ton./ha.) A produtividade do preparo, para plantio direto com TF e o plantio semimecanizado foi 85,6 (ton./ha.) e o seu custo de produção/ton. R\$ 72,74; a produtividade do preparo para plantio direto e o plantio mecanizado, com TF 87,50 (ton./ha) e o custo por (ton./cana) foi R\$ 71,35.

O desvio-padrão entre todos os sistemas do preparo e plantio das usinas TF foi R\$ 845,00 e o valor médio para esses tipos de sistema foi R\$ 6.989,99/ha. A maior produtividade desses sistemas foi o preparo do solo convencional e o plantio mecanizado, ambos com TF 82,77 (ton./ha.) e o custo por (ton./cana) foi R\$ 99,29; a produtividade do preparo convencional e o plantio semimecanizado com TF foi 81,83 (ton./ha) e o seu custo por (ton./cana) R\$ 111,04. A produtividade do preparo localizado e o plantio semimecanizado com TF foi 72,50 (ton./ha) e o seu custo (ton./cana) R\$ 96,78. A produtividade do preparo localizado e o plantio semimecanizado com TF foi 73,44, (ton./ha.) e o custo (ton./ha.) R\$ 83,72.

Comparando o menor custo do sistema de TF entre usinas e fornecedores, o grupo das usinas com o preparo mínimo e o plantio mecanizado foi R\$ 6.135,64/ha, 0,6% inferior aos fornecedores que utilizam preparo localizado e o plantio mecanizado R\$ 6.173,00. Os fornecedores obtiveram uma diferença inferior em 8,5%, em relação ao valor médio R\$ 6.394,38/ha, comparando com as usinas R\$ 6.989,99/ha. Analisando o custo de produção por (ton./cana) mais eficiente nesta combinação, os fornecedores foram mais eficientes em 15,5%. A seguir, o **Gráfico 8** mostra os custos e percentuais dos sistemas que utilizam o sistema de taxa variável no preparo do solo e taxa fixa no plantio para fornecedores e usinas.

Gráfico 8 – Tipos de preparo do solo com taxa variável e plantio com taxa fixa para fornecedores e usinas (R\$/ha).



Fonte: Elaborado pelo autor.

*PRCONV= preparo convencional; PRLOCA= preparo localizado; PRMINI = preparo mínimo; PRPLDI= preparo para plantio direto; PLSEMEC= plantio semimecanizado; PLMECAN= plantio mecanizado; PLMUDPREN = plantio de muda pré-brotada.

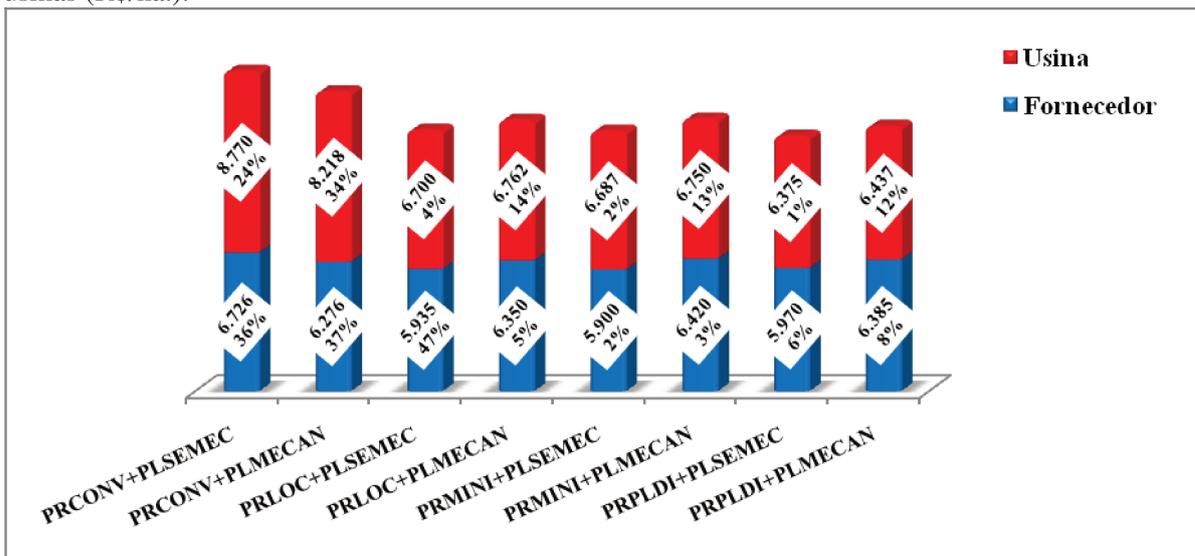
O desvio-padrão entre todos os sistemas de preparo do solo com TV e plantio com TF nos fornecedores foi R\$ 233,11 e o valor médio para esta combinação de sistema foi R\$ 6.432,94/ha. A maior produtividade dos sistemas analisados foi o preparo do solo convencional com TV e o plantio mecanizado com (TF), R\$ 90,25 (ton./ha) e o custo por (ton./cana) foi R\$ 75,04. A produtividade do preparo convencional com TV e o plantio semimecanizado com TF foi 88,37 (ton./ha.) e o seu custo por (ton./cana) R\$ 76,86. A produtividade do preparo para plantio direto com Tve o plantio semimecanizado com TF foi 84,62 (ton./ha) e o seu custo por (ton./cana) R\$ 74,36. A produtividade do preparo para plantio direto com TV e o plantio mecanizado com TF foi 86,50, (ton./ha.) e o custo por (ton./cana) R\$ 72,52.

O desvio-padrão entre todos os sistemas de preparo do solo com TV e plantio com TF das usinas foi R\$ 446,43 e o valor médio para esta combinação de sistemas foi R\$ 7.366,60/ha. A maior produtividade dos sistemas analisados foi o preparo do solo convencional com TV e o plantio mecanizado com TF, 83,93 (ton./ha.) e o custo por (ton./cana) foi R\$ 77,77.

A produtividade do preparo convencional com TV e o plantio semimecanizado com TF foi 83,00 (ton./ha.) e o seu custo por (ton./cana) R\$ 89,12. A produtividade do preparo localizado com TV e o plantio semimecanizado com TF foi 72,50 (ton./ha) e o seu custo por (ton./can.) R\$ 116,78. A produtividade do preparo localizado com TV e o plantio mecanizado com TF foi 73,43, (ton./ha.) e o custo por (ton./cana) R\$ 103,46. A produtividade do preparo mínimo com TV e o plantio semimecanizado com TF foi 77,50, (ton./ha) e o custo de produção R\$ 96,34. A produtividade do preparo mínimo com TV e o plantio mecanizado com TF foi 78,43, (ton./ha.) e o custo por (ton./cana) R\$ 84,12.

Comparando o custo de produção por tonelada mais eficiente dos fornecedores e das usinas, nestas combinações de sistemas, os fornecedores foram mais eficientes em 6,42%. A seguir, o **Gráfico 9** mostra os custos e percentuais dos sistemas que utilizam o sistema de taxa fixa no preparo do solo e taxa variável no plantio para as usinas e fornecedores.

Gráfico 9- Tipos de preparo do solo com taxa fixa e plantio com taxa variável para fornecedor e usinas (R\$/ha.).



Fonte: Elaborado pelo autor.

*PRCONV= preparo convencional; PRLOCA= preparo localizado; PRMINI = preparo mínimo; PRPLDI= preparo para plantio direto; PLSEMEC= plantio semimecanizado; PLMECAN= plantio mecanizado.

O desvio-padrão entre todos os sistemas de preparo do solo com TF e plantio com TV dos fornecedores foi R\$ 232,76 e o valor médio para esta combinação de sistemas foi R\$ 6.245,59/ha. A maior produtividade dos sistemas analisados foi o preparo do solo convencional com TF e o plantio mecanizado com TV, 90,50 (ton./ha.) e o custo/ton. foi R\$ 69,36. A produtividade do preparo convencional com TF e o plantio semimecanizado com TV foi 87,6 (ton./ha.) e o seu custo/ton. R\$ 76,77. A produtividade do preparo para plantio com TF e o plantio mecanizado com TV foi 88,50 (ton./ha.) e o seu custo por tonelada R\$ 67,07.

O desvio-padrão entre todos os sistemas do preparo do solo com TF e plantio com TV das usinas foi R\$ 703,24 e o valor médio para estas combinações de sistemas foi R\$ 7.087,58. A maior produtividade dos sistemas analisados foi o preparo do solo convencional com TF e o plantio mecanizado com TV, 84,33 (ton./ha). A produtividade do preparo localizado com TF e o plantio mecanizado com TV foi 75,00 (ton./ha) e o seu custo por (ton./cana) foi R\$ 90,17. Comparando o custo de produção por tonelada nestas combinações de sistemas de preparo do solo e de plantio, os fornecedores indicaram um custo 25,6% menor do que as usinas.

É importante salientar, que quando se trata de um método de análise a partir de uma tomada de decisão, mencionar somente os sistemas de preparos do solo e de plantio, não é suficiente para obter resultados conclusivos, levando em conta que as operações agrícolas analisadas dependem também do tipo de solo, estrutura disponível, capital, mão de obra e outros fatores.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ANDRÉ, J. A. **Sistemas de preparo de solo para cana-de-açúcar em sucessão com amendoim**. 2009. 29 f. Dissertação (Mestrado em Agronomia) – Universidade Estadual Paulista, Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias, Jaboticabal.

ALBUQUERQUE FILHO, M. R.; PEREIRA FILHO, I.; VIANA, J. H.; ALVARENGA, R. C. **Árvore do conhecimento do milho**: plantio convencional. Campinas: Agência Embrapa de Informação Tecnológica, 2016. Disponível em: http://www.agencia.cnptia.embrapa.br/gestor/milho/arvore/CONTAG01_32_59200523355.html . Acesso em: 19 dez. 2016.

AMORIM, F. R.; PATINO, M. O.; LUCENTE, A. R. O dilema de arrendar ou fornecer cana-de-açúcar: uma alternativa para geração de renda nos assentamentos da Reforma Agrária. **Espacios**, Caracas.v.37, nº37, p.29, Mai. 2016.

AMORIM, F. R.; PATINO, M.O.; MARCOMINI, G. R. Sustentabilidade da produção da cana-de-açúcar em usinas do estado de São Paulo. **Rev. Agro. Amb**, v. 11, n. 4, p. 1.133-1.145, out./dez. 2018.

AFONSO, P.F.N.; ESPERANCINI, M.S.T.; GAVA, J.C.; BENDINELLI, W.G. Análise econômica dos sistemas de plantio mecanizados na região de Jaú. **Energ.Agríc.** v. 33, n.3, p.252-257, julho-setembro, 2018.

AQUINO, G.S.; MEDINA,C.C.; COSTA,D.C.; SAHAHAB, M.; SANTIAGO,A.D. Sugarcane straw management and its impact on production and development of ratoons . **Industrial Crops and Products**.v.102, p.58–64. Agost. 2017.

ASSOCIAÇÃO DOS FORNECEDORES DE CANA DE GUARIBA – SOCICANA 2016. **Custo de Produção**. Disponível em: <http://socicana.com.br/custos-de-producao/>. Acesso em: 02 fev. 2017.

BAIO,F.H.R.; NEVES,D.C.; SOUZA,H.B.; LEAL,A.J.F.; LEITE.R.C.; MOLIN,J.P.; SILVA,S.P. Variable rate spraying application on cotton using an electronic fow controller . **Precision Agric.** v.19, p.1-17, mar. 2018

BANCO DO BRASIL. **Classificação do produtor rural**. 2015. Disponível em: <https://central3.to.gov.br/arquivo/180407/> . Acesso em: 23 dez. 2016.

BANCO CENTRAL DO BRASIL. **Histórico das taxas de juros**. 2017. Disponível em: <https://www.bcb.gov.br/Pec/Copom/Port/taxaSelic.asp> . Acesso em: 18/out. 2017.

BALCOMBE, K.; SMITH, L. Refining the user of Monte Carlo techniques for risk, analysis inproject planning. **The Journal of Development Studies**, v. 36, n. 2, p. 113-135, 1999.

BARBOSA, V.F.A.M. Plantio. In: SANTOS, F; Borém. A. **Cana-de-açúcar**: do plantio à colheita. Viçosa. MG. Universidade Federal de Viçosa. 2016. p. 29-65

BARROS, F. F.; MILAN, M. QUALIDADE OPERACIONAL DO PLANTIO DE CANA-DE-AÇÚCAR. **Bragantia**, v.69, n.1, p:221-229. Julho. 2010.

BRASIL. Ministério do Trabalho e Emprego. Portaria nº 2.546, de 14 de Dezembro de 2011. Altera a redação da Norma Regulamentadora nº 31. **Diário Oficial da União**, Brasília, DF, 16 dez. 2011. Disponível em: http://www.trtsp.jus.br/geral/tribunal2/ORGSAOS/MTE/Portaria/P2546_11.html. Acesso em 7 de mar. 2015.

BRASIL. **Superávit de US\$ 81,6 bilhões do agronegócio foi o segundo maior da história**. (2018a). Disponível em: <http://www.agricultura.gov.br/noticias/superavit-de-us-81-86-bilhoes-do-agronegocio-foi-o-segundo-maior-da-historia> . Acesso em 08 mar. 2018.

BERNARDES, M.S. **Modelo bioeconômico para manejo e tomada de decisão em lavoura de cana-de-açúcar**. 2012. Tese (livre Docência em Produção Vegetal) – Escola Superior de Agricultura Luiz De Queiroz, Universidade de São Paulo, Piracicaba, 2011. Disponível em: <http://www.teses.usp.br/teses/disponiveis/livredocencia/11/tde-31072012-094628/es.php> . Acesso em: 30 abril 2018.

BEN-ASHER, J. Z. Development program risk assessment based on utility theory. **Risk Management**, v.10, n. 4, p. 285-299, 2008.

BIGATON, A.; DANELON, A. F.; CARVALHO, A.; D'ARAGONE, R. R.; SILVA, H. J. T.; MARQUES, P. V. 2015. Evolução dos preços de insumos e valores de mão-de-obra para produção de cana-de-açúcar na região Centro-Sul Tradicional: safra 2014/15. **Revista iPecege**, v.1, nº2, p.187-197, mar.2015.

BRINKMAN, M. L. J.; CUNHA, M. P; HEIJNEN. S; WICKE, B.; GUILHOTO, J. J. M.; WALTER, A.; FAAIJ, A. P. C.; HILST, F. V.D. Interregional assessment of socio-economic effects of sugarcane ethanol production in Brazil. **Renewable and Sustainable Energy Reviews**.v.88,p.347-362, Mai.2018.

BRUCE, R. **Precision agriculture options for the Australian sugarcane industry**. 2007. Technical Report 3/2007. 124 P.

CAMILOTTI, F.; ANDRIOLI, I.; DIAS, F. L. F.; CASAGRANDE, A. A.; SILVA, A. R.; MUTTON, M. A.; CENTURION, J. F. Efeito prolongado de sistemas de preparo do solo com e sem cultivo de soqueira de cana crua em algumas propriedades físicas do solo. **Engenharia Agrícola**, v.25, p.189-198, Jan./abr. 2005.

CARVALHO, L.A.; SILVA-JUNIOR, C.A.; NUNES, W. A. G. A.; MEURER, I.; SOUZA-JÚNIOR, W. S. Produtividade e viabilidade econômica da cana-de-açúcar em diferentes sistemas de preparo do solo no centro-oeste do Brasil. **Revista de Ciências Agrárias**, v.34, nº1, p. 199-211, jan./jun.2011.

CAVALLET, O.; JUNQUEIRA, T.S.; DIAS, M.O.S.; JESUS, C.D.F.; MANTELLATO, P.E.; CUNHA, M.P.; FRANCO, H.C.J.; CARDOSO, T.F.; FILHO, R.M.; ROSSEL, C.E.V.; BONOMI, A. Environmental and economic assessment of sugarcane first generation biorefineries in Brazil. **Clean Techn Environ Policy**. v. 14, nº, p.399–410. Junho.2012.

CIAGRO- Centro integrado de informações agro meteorológicas. 2018. **Dados mensais de chuvas**. Disponível em:
<http://www.ciiagro.sp.gov.br/ciiagroonline/Quadros/QChuvaPeriodo.asp>

CONAB - COMPANHIA NACIONAL DE ABASTECIMENTO. **Acompanhamento da safra brasileira: cana-de-açúcar, terceiro levantamento, safra 2011/2012**. 2011. Brasília, DF: Conab, 2011. Disponível em:
<http://www.conab.gov.br/OlalaCMS/uploads/arquivos/11_12_08_11_00_54_08.pdf. Acesso em: 7 mar. 2015.

_____. **Acompanhamento da safra brasileira: cana-de-açúcar**. 2015. v2. nº3., safra 2015-2016. Brasília, Conab, 2015. Disponível em:
http://www.conab.gov.br/OlalaCMS/uploads/arquivos/15_12_17_09_03_29_boletim_cana_portugues_-_3o_lev_-_15-16.pdf . Acesso em: 04 mar. 2017.

CNA - CONFEDERAÇÃO DA AGRICULTURA E PECUÁRIA DO BRASIL. **Cana-de-açúcar. Orientações para o setor canavieiro. Ambiental, fundiária e contratos**. 2007. Coletânea Estudos Gleba nº 4. Brasília. Disponível em:
https://www.agencia.cnptia.embrapa.br/Repositorio/Cana-de-acucar_orientacoes_para_o_setor_canavieiro_000fipw96tk02wyiv80z4s4733kvhu6q.pdf . Acesso em: 22 dez. 2016.

CONSELHO DOS PRODUTORES DE CANA-DE-AÇÚCAR, AÇÚCAR E ÁLCOOL DO ESTADO DE SÃO PAULO. **Manual de Instruções**, 2006.5ª Edição / CONSECANA-SP, Piracicaba- SP.

COLETI, T. J.; STUPIELO, J. J. Plantio da cana-de-açúcar. In: SEGATO, V. S. -. (Org.). **Atualização em produção de cana-de-açúcar**. Piracicaba: CP 2, 2006. p.139-152

CORTEZ, J. W.; MISSIO, C.B.; BARRETO, A. K.G.; SILVA, M. D. REIS, G. N. Quality of sugarcane mechanized planting. **Engenharia Agrícola**, v.36, nº06,p:1136-1144. Out./dez.2016.

CUSTÓDIO, H. H.; MARTINELLI, P. R. P.; SANTOS, L. S. Controle químico e biológico de *sphenophorus levis vaurie* (coleoptera: curculionidae) na cultura da cana-de-açúcar. **Entomologia mexicana**. v.4, p. 331-337, 2017.

DEM CZUK, A.; PADULA, A. D. Using system dynamics modeling to evaluate the feasibility of ethanol supply chain in Brazil: The role of sugarcane yield, gasoline prices and sales tax rates. **Biomass and Bioenergy**. v. 97, p.186 -211,fev. 2017.

DOSKOCIL, R.; LACKO, B. Risk Management and Knowledge Management as critical success factors of sustainability projects.**Sustainability**, v. 10, n. 5, p. 1438-1450, 2018.

FAVA NEVES, M.; CONEJEIRO, M.A. **Estratégias para a cana no Brasil**: um negócio classe mundial. 1 ed. São Paulo Atlas, 2008, 310 p.

FAVA NEVES, M. A preocupante queda de produtividade na cana. Disponível em: <https://www.udop.com.br/index.php?item=noticias&cod=1181218> . Acesso em: 02 ago. 2019

FLEMING, L. K.; WESTFALL, G. D.; WIENS, D.W.; BRODAHL, M.C. Evaluating Farmer Defined Management Zone Maps for Variable Rate Fertilizer Application.**Precision Agriculture (online)**. v.2, nº 1,p.2011-2014,2000.

FARINELLI, J. B. M.; SANTOS, D.F. L. Impacto das tecnologias de plantio no fluxo de caixa do produtor canavieiro. **Revista Gestão & Tecnologia**, v. 17, n. 3, p. 146-171, dez. 2017.

FOOD and AGRICULTURE ORGANIZATION of the UNITED NATIONS –FAO , 2017.**Perspectivas Agrícolas OCDE-FAO**: Brasil vai ultrapassar os Estados Unidos como maior produtor de soja até 2026. Disponível em: <http://www.fao.org/brasil/noticias/detail-events/en/c/992186/>. Acesso em: 25 mar. 2018.

FOSS, N. The classical theory of production and the capabilities view of the firm. **Journal of Economic Studies**, v. 24.nº 5. p 307-323. 1997.

GARCIA, M.S.; VILPOUX, O.F.; CEREDA, M.P. Distributed electricity generation from sugarcane for agricultural irrigation: A case study from the mid west region of Brazil. 2017. **Utilities Policy**. v.50, p.207-210, fev. 2017.

GAZOLA, T.; FILHO, M.L.C.; JUNIOR, N.C. F. Avaliação de mudas pré-brotadas de cana-de-açúcar provenientes de substratos submetidos a adubação química e orgânica. 2017. **Científica**, v.45, nº3, p.300-306, fev. 2017.

GIL, A.C. **Como elaborar projetos de pesquisa**. 4. ed. São Paulo: Atlas, 2009.

GILIO, L.; MORAES, M. A. F. R. Sugarcane industry's socioeconomic impact in São Paulo, Brazil: A spatial dynamic panel approach. **Energy Economics**. v. 58, p. 27–37, Ago.2016.

GITMAN, L. J. **Princípios da administração financeira**. 7 ed. São Paulo: Harbra, 2002.

GVORGY, T. K.; TAKAC, I. Risk Assessment and Examination of Economic Aspects Of Precision Weed Management. **Sustainability (Basel)**.v.3, p.1114-1135, Julho.2011.

HERNANDES, T.D.A.; SCARPARE, F.V.; SEABRA, J. E. A. Assessment of impacts on basin stream flow derived from medium-term sugarcane expansion scenarios in Brazil. **Agriculture, Ecosystems and Environment**. v.259, p.11-18, Maio.2018.

HIRAKURI, M. H.; DEBIASI, H.; PROCÓPIO, S. O.; FRANCHINI, J. C.; CASTRO, C. **Sistemas de Produção: conceitos e definições no contexto agrícola**. Londrina, EMBRAPA Soja. v.14. set. 2012.

HIGGNISA, A.J.; MUCHOVA, R.C.; RUDD, A.V.; FORDB, A.W. Optimising harvest date in sugar production: A case study for the moss man mill region in Australia: I. development of operations research model and solution. **Field Crops Research**.v.57, nº2 p.153–162, maio.1998.

HILLSON, D. **Managing risk in projects**. 2. ed. Farnham, UK: Gower Publishing, 2009.

HOFF, S.; GUERINE, I. M. F. M. Os contratos para a cana-de-açúcar e os parâmetros para a precificação em três Municípios Paulistas – 2015. **Revista Espacios**. v.37,nº18, p.1-13. 2016.

INSTITUTO de PESQUISA ECONOMICA APLICADA - IPEA (2006). **O que é desvio padrão**. Disponível em:

http://www.ipea.gov.br/desafios/index.php?option=com_content&view=article&id=2104:catid=28&Itemid=23 Acesso em: 26 mar. 2018.

JOUBERT, F.; PRETORIUS, L. Using Monte Carlo Simulation to create a ranked check list of risks in a portfolio of railway construction projects. **South African Journal of Industrial Engineering**, v. 28, n. 2, p. 133-147, 2017.

JUNIOR, R.A.; De SOUZA, J.L.; ESCOBEDO, J.F.; TEODORO, I.; LYRA, G.B.; NETO, R.A. De A. Cana-de-açúcar com irrigação por gotejamento em dois espaçamentos entrelinhas de plantio. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**. v.18.nº8, p.798-804, fev.2014.

KWAK, Y.H.; INGALL, L. Exploring Monte Carlo Simulation applications for Project management. **IEEE Engineering Management Review**, v. 37, n. 2, p. 83-91, 2009.

LANDELL, M.G. de A.; CAMPANA, M.P.; FIGUEIREDO, P.; XAVIER, M.A.; ANJOS, I.A. dos.; DINARDO-MIRANDA, L.L.; SCARPARI, M.S.; GARCIA, J.C.; BIDÓIA, M.A.P.; SILVA, D.N. da; MENDONÇA, J.R. de; KANTHACK, R.A.D.; CAMPOS, M.F. de.; BRANCALIÃO, S.R.; PETRI, R.H.; MIGUEL P.E.M. **Sistema de multiplicação de cana-de-açúcar com uso de mudas pré-brotadas (MPB), oriundas de gemas individualizadas**. 2012. Ribeirão Preto: Instituto Agrônomo de Campinas, 22p. (IAC. Documentos, 109).

MANOEL, A. A. S.; SANTOS, D. F. L.; MORAES, M. B. C. Determinantes do Endividamento na Indústria Sucroenergética Brasileira: Análise a Partir das Teorias de Estrutura de Capital. **Organizações Rurais & Agroindustriais**, v.18, p.140-153, fev.2016.

MARTIN, T. N.; STORCK, L.; DOURADO NETO, D. Simulação estocástica da radiação fotossinteticamente ativa e da temperatura do ar por diferentes métodos. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v.42, n. 9, p. 1211-1219, set.2007.

MENARDI, C. Research frontiers of new institutional economics. **RAUSP Management Journal**. vol. 52, nº 1, January- March 2018, p. 3-10

MENEGATTI, L. A. A.; MOLIN, J. P.; GOES, S. L.; KORNDORFER, G. H.; SOARES, R. A. B.; LIMA, E. A. Benefícios econômicos e agrônômicos da adoção de agricultura de precisão em usinas de açúcar. 2006. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE AGRICULTURA DE PRECISAO, 2, 2006. São Pedro-SP. **Anais...** Piracicaba: Esalq, v.1. p.1-18, 2006. Disponível em: http://www.agriculturadeprecisao.org.br/upimg/publicacoes/pub_beneficios-

economicos-e-agronicos-da-adocao-de-agricultura-de-precisao-em-usinas-de-acucar--28-08-2014.pdf Acesso em 07 mar. 2016.

MENDES,F.M.; DIAS,M.O.S.; FERRAS,A.; MILAGRES, A.M.F.; SANTOS,J.C.; BONOMI, A. Techno-economic impacts of varied compositional profiles of sugarcane experimental hybrids on a bio refinery producing sugar, ethanol and electricity. **Chemical Engineering Research and Design**.v.125,p.72–78, Set.2017.

MOLIN, J, P.; AMARAL, L,RIOS.; COLAÇO,A. F. **Agricultura de Precisão. 2015**. In XXV Jornada de atualização em agricultura de precisão, Piracicaba. 88 p.

MORAES, E. R.; DOMINGUES, L. A. S.; MEDEIROS, M. H.; PEIXOTO, J. V. M.; LANA, R. M. Q. Produtividade e características agrônômicas da cana-de-açúcar em diferentes sistemas de preparo do solo. **Revista de Agricultura Neotropical**, v.3, n.1, p.27–32, jan./mar. 2016.

MORAES, E.R.; BERNARDES, R. F.B.; DOMINGUES, L. A.S.; LANA,R.M.Q. Productivity and agronomic characteristics of sugarcane under different tillage systems. **Scientific Electronic Archives**. v.10, nº1. p.75.99.fev.2017.

MOREIRA, M.G.; BONIZIO, R.C. Análise comparativa dos custos de cana-de-açúcar: produção independente x usina de açúcar e álcool. **Custos e @gronegocio on line**,v. 8, n. 2, Abr/Jun.2012.

MOTTA, R. R.; CALÔBA, G. M. **Análise de investimentos: tomada de decisão em projetos industriais**. São Paulo: Atlas, 2011.

NAENI, L. M.; SHADROKH, S.; SALEHIPOUR, A.A fuzzy approach for the earned value management. **International Journal of Project Management**, v. 29, n. 6, p. 764-772, 2011.

NOVACANA **.Sistema de preparo de solo para o cultivo da cana-de-açúcar**. 2013. Disponível em: <https://www.novacana.com/cana/sistemas-preparo-solo-plantio-da-cana/> . Acesso em: 18 dez. 2016.

NAIK,R.; ANNAMALAI,S.J. K. A.; NAIR,N. V.; PRASAD,N. R. Studies on mechanisation of planting of sugarcane bud chip settlings raised in portrays. **Sugar Tech**, vol. 15, nº1, p. 27–35. Mar.2013.

NACHILUK, K.; OLIVEIRA, M, D, M. Cana-de-açúcar: custos nos diferentes sistemas de produção nas regiões do Estado de São Paulo. 2013. **Informações Econômicas**, SP, v. 43, n. 4, jul./ago.

NYKO, D.; VALENTE, M., ARTUR, M., TANAKA, A., RODRIGUES, A. A evolução das tecnologias agrícolas do setor sucroenergético: estagnação passageira ou crise estrutural? 2013. **BNDES Setorial**, v. 37, p. 399-442.

ORPLANA. Organização dos Plantadores de Cana da Região Centro-Sul do Brasil. **Perfil do produtor**. 2010. Disponível em: <http://www.orplana.com.br/perfil.html> . Acesso em 04 set. 2016.

ORELLANO, V.F.; SOUZA, A. N.; AZEVEDO, P.F. Elasticidade- preço Demanda por Etanol no Brasil: como renda e preços relativos explicam diferenças entre estados. **RESR**, vol. 51, Nº 4, p. 699-718, Out/Dez 2013.

OLIVEIRA Filho, F, X.; MIRANDA, N, O.; MEDEIROS, J, F.; SILVA, P, C, M.; MESQUITA, F,O.; COSTA,T,K,G. Zona de manejo para preparo de solo na cultura da cana-de-açúcar. **R. Bras. Eng. Agríc. Ambiental**, v.19, n.2, p.186–193. fev.2015.

OLIVEIRA, Cilene de. **Plantio mecanizado de cana-de-açúcar**: aspectos operacionais e econômicos. 2012. 108 p. Dissertação (Mestrado em Máquinas Agrícolas) - Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz, Universidade de São Paulo, Piracicaba, 2012. Disponível em: <http://www.teses.usp.br/teses/disponiveis/11/11148/tde-03122012-111153/pt-br.php> . Acesso em 21 jan. 2017.

PAULILLO, L. F.; MELLO, F. O. T. de. Açúcar:Brasil e Bolívia.In: BATALHA, M. O; SOUZA FILHO, H. M. de (Org.). **Agronegócio no Mercosul**: uma agenda para o desenvolvimento. São Paulo: Atlas, 2009. p. 174-230.

PANG, T.; YANG, Y.; ZHAO, D. Convergence studies on Monte Carlo Methods for pricing mortgage-backed securities. **International Journal of Financial Studies**, v. 3, n. 2, p. 136-150, 2015.

PLATON, V.; CONSTANTINESCU, A. Monte Carlo Method in risk analysis for investment projects.**Procedia Economics and Finance**, v. 15, p. 393-400, 2014.

PAVLU, F.A.; MOLIN, J.P.A. Sampling plan and spatial distribution for site-specific control of *Sphenophorus levis* in sugarcane. **Acta Scientiarum Agronomy**, v.38, nº3, p.279-287.julh./set. 2016.

PECEGE. **Custos de produção de cana-de-açúcar, açúcar, etanol e bioeletricidade no Brasil: Fechamento da safra 2013/2014**. 2014. Piracicaba: Universidade de São Paulo, Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz”, Programa de Educação Continuada em Economia e Gestão de Empresas/Departamento de Economia, Administração e Sociologia.53 p.

PEREIRA, L. L.; TORREZAN, F. H. Colheita mecanizada da cana-de-açúcar. 2006. In: SEGATO, V. S. et al. (Org.). **Atualização em produção de cana-de-açúcar**. Piracicaba: CP 2, 2006. p. 333-344.

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. **RESR**, vol. 54, nº 1, p. 147-166, Jan/Mar 2016.

PERES, K.G.; NAKANO, O.; SILVA,A.C; SOUZA,M.O.Atração de Adultos de *Sphenophorus levis* Vaurie (Coleoptera: Curculionidae) a Fragmentos Vegetais em Diferentes Estados de Conservação.**Neotropical Entomology**, v.38. nº6, p.842-846, nov./dez.2009.

PETRINI,M.C.; ROCHA,J.V.; BROWN, J.C.Mismatches between mill-cultivated sugarcane and smallholding farming in Brazil: Environmental and socioeconomic impacts. **Journal of Rural Studies**.v. 50,p.218 -227. fev. 2017.

PUJAR, H.; BANAKAR, P. D.;VINAY, V.N.Revanasid deshvara,v. sugar cane bud chipping machine. **International Journal of Core Engineering & Management**.v.1, ed. esp. p.1-7.2017.

POHLMANN, M. C.; AGUIAR, A. B.; BERTOLUCCI, A, MARTINS, E. (2004). Impacto da especificidade de ativos nos custos de transação, na estrutura de capital e no valor da empresa. **Revista Contabilidade & Finanças**, v.15. p.24-40. Jun. 2004.

REHACEK, P. Risk management standards for project management. **International Journal of Advanced and Applied Sciences**, v. 4, n. 6, p. 1-13, 2017.

RIPOLI, C. C. T.; RIPOLI, C. L. M. **Aspectos operacionais do plantio**. 2010a. In: DINARDO-MIRANDA, L. L.; VASCONCELOS, A. C. M. de; LANDELL, M. G. de A. (Ed.). Cana-de-açúcar. Campinas: IAC, 2010a. p. 509-612.

_____.Evaluation of five sugar cane planters. **Eng. Agríc**. Jaboticabal, v.30, n.6, p.1110-1122. Dez. 2010b.

RODRIGUES,L.;RODRIGUES,L.Economic-financial performance of the Brazilian sugarcane energy industry: An empirical evaluation using financial ratio, cluster and discriminant analysis. Biomass and Bioenergy.vol.108, p. 289-296, Jan.2018 .

RODRIGUEZ, A.; ORTEGA, F.; CONCEPCION, R. A method for the evaluation of risk in it projects. *Expert Systems with Applications*, v. 45, March, p. 273-285, 2016.

ROMERA, J.P.R.; BARSANELLI,P.L.; PEREIRA,F.M.V. Expeditious prediction of fiber content in sugar cane: An analytical possibility with LIBS and chemometrics. *Fuel*.v.166, p.473-476, fev. 2016.

RUDORFF, B.F.T.; AGUIAR, D.A.; SILVA, W.F.; SUGAWARA, L.M.; ADAMI, M.; Moreira, M.A. Studies on the rapid expansion of sugarcane for ethanol production in São Paulo State (Brazil) using Landsat Data. *Remote Sensing. Basel*, v.2, n°4, p.1057-1076, abr.2010.

SA, M. A. C; JUNIOR, J. D. G. S; FRANZ, C. A. B; REIN, T.A. Qualidade física do solo e produtividade de cana-de-açúcar com uso de escarificação entre linhas do plantio. **Pes. Agrop. Brasileira**, v.51 n° 9, p. 1610-1622, set. 2016.

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

SANTOS, D. F. L.; CARNIO, C. M.; FARINELLI, J. B. M.; FARINELLI, R. Viabilidade econômica e financeira na produção de cana-de-açúcar em pequenas propriedades rurais.**Custos e @gronegocioOnline**, v.12, n° 4, p.222-254, out./dez. 2016.

SANTOS, D. F. L.; BASSO, L. F. C.; KIMURA, H; SOBREIRO, V. A. Eco-innovation in the Brazilian sugar-ethanol industry: a case study. **Brazilian Journal of Science and Technology**, v. 2, n°1, p. 1-15, dez.2015.

SANTOS, D. F. L.; SOUZA, C. A.F.; FARINELLI, J. B. M.; SILVA,B.L.; HORITA,K. Análise econômica da produção de cana-de-açúcar em diferentes pacotes tecnológicos **.Revista Estudo & Debate**, v. 25, n. 2, 2018.

SANTOS, R.G. Produtividade na agroindústria brasileira. **Radar IPEA**, v.39, 49-57, jun. 2015.

SANTOS, C. J. G.; CALÍOPE, T. S.; COELHO, A. C. Teorias da Firma como Fundamento para Formulação de Teorias Contábeis. **REPeC**, v. 9, n. 1, art. 6, p. 101-116, jan./mar.

SANTOS, O, E, G. **Cálculo amostral**. 2016a: calculadora on line. Disponível em: <http://www.publicacoesdeturismo.com.br/calculoamostral/>. Acesso em: 11 maio 2016.

_____. **Cálculo amostra**. 2016b. calculadora on line. Disponível em: <http://www.publicacoesdeturismo.com.br/calculoamostral/>. Acesso em 04 set. 2016.

SANTOS, G. R.; GARCIA, E. A.; SHIKIDA, P. F. A. A crise na produção do etanol e as interfaces com as políticas públicas. **Boletim Radar: tecnologia, produção e comércio exterior**, Ipea/Diset, Brasília, n. 39, p. 27-38, jun. 2015 . Disponível em: <http://ipea.gov.br/radar/temas/agricultura/330-radar-n-39-a-crise-na-producao-do-etanol-e-as-interfaces-com-as-politicas-publicas>. Acesso em: 30 abril 2018.

SANTIAGO, A. D. ROSSETTO, R. Adubação mineral. **Árvore do conhecimento: cana-de-açúcar**. 2016. Campinas: Agência Embrapa de Informação Tecnológica. Disponível em: <http://www.agencia.cnptia.embrapa.br/gestor/cana-de-acucar/arvore/CONTAG01_38_711200516717.html. Aceso em: 31 mar. 2016.

SATO, T.; HIRAO, M. Optimum budget allocation method for projects with critical risks. **International Journal of Project Management**, v. 31, n. 1, p. 126-135, 2013.

SEGATO, V. S.; PEREIRA, L. L. Colheita da cana-de-açúcar: corte manual. In: SEGATO, V. S. et al. (Org.). **Atualização em produção de cana-de-açúcar**. Piracicaba: CP 2, 2006. p. 319-332.

SPETIC, W.; MARQUEZ, P. KOZAK, R. Critical areas and entry points for sustainability – related strategies in the sugarcane – based ethanol industry of Brazil. **Business Strategy and the Environment**, West Sussex, v. 21, p. 370-386, mar.2012.

SILVA, C, B.; MORAES, M,A,F, D. Inovação na indústria sucroalcooleira paulista: os determinantes da adoção das tecnologias de agricultura de precisão. 2010. **Rev. Econ. Sociol. Rural** v. 48, n. 4, p. 543-565, Dez. 2010.

STAB. Sociedade dos Técnicos Açucareiros e Alcooleiros do Brasil. **Incidência e impactos da ferrugem alaranjada unidades raizen**. Sertãozinho, 2013. Disponível em: http://www.stab.org.br/sem_agroind_stab_2013/incidencia_impactos_ferrugem_alaranjada_unidades_raizen.pdf . Acesso em 19 Dez. 2016.

STOLF, R.; BARBOSA, V. Quantidade de muda nos sulcos de plantio da cana-de-açúcar em espaçamentos convencionais e estreitos: (II) fórmulas de controle. 1991. **STAB**, v. 9, n. 4/5, p. 11-15, 1991.

SOCIEDADE NACIONAL DE AGRICULTURA – SNA. Meiosi: **Sistema antigo volta a ser opção para aumentar a produtividade de cana**. 2016. Disponível em: <http://sna.agr.br/meiosi-sistema-antigo-volta-a-ser-opcao-para-aumentar-produtividade-da-cana/> . Acesso em: 21 ago. 2017.

SOLANO, C.S.; PONCIANO, N.J.; AZEVENDO, H.J.; SOUZA, P.M. Factors limiting the implementation of mechanical harvesting of sugarcane in Campos dos Goytacazes, RJ, Brazil. **Rev. Ceres**, v. 64, nº1, p. 040-046, jan/fev.2017.

SOZINHO, D.W.F.; G.A.L.C.F.; DUARTE, C.G.; RAMOS, H. R; R, M.S. Towards strengthening sustainability instruments in the Brazilian sugarcane ethanol sector. **Journal of Cleaner Production**.v.82. p.437-454.mai.2018.

TADDESE, F. Application of TQM for innovation: an exploratory research of Japanese, Indian and Thailand companies. **International Journal of Innovation and Technology Management**, v.14, n. 4, p. 1-20, 2017.

TAVARES, O. C. H.; LIMA, E; ZONTA, E. Crescimento e produtividade da cana planta cultivada em diferentes sistemas de preparo do solo e de colheita. **Acta Scientiarum Agronomy**, v. 32. 2010. p.61-68.

TEREJANU, A. G. **Tutorial on Monte Carlo techniques**. Department of Computer Science and Engineering, University of Buffalo, New York, 2002.

TREVIZOLI, M. R.; NEVES, M. F. Gestão da inovação em empresas da indústria sucroenergética. 2015. **Revista de Administração da Fatea**, v.10, nº10, p. 6-21. 2015.

TIGRE, B.P. Paradigmas Tecnológicos e Teorias Econômicas da Firma. **Revista Brasileira de Inovação** v.4, N. 1, p.187-223Jan./ Jun. 2005

TOMAZ, H, V, Q. **Sistema de preparo de solo profundo e sua influencia no desenvolvimento da cana-de-açúcar**. 133 p.Tese (Doutorado em ciências) 2013. Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz, Universidade de São Paulo, Piracicaba, 2013. Disponível em: <http://www.teses.usp.br/teses/disponiveis/11/11136/tde-05022014-093232/pt-br.php> . Acesso em: 21 Dez. 2016.

TORQUATO, S, A.; JESUS, K, R, E.; ZORZO, C, R, B. Inovações no sistema de produção de cana-de-açúcar: uma contribuição do Protocolo ambiental para a região de Piracicaba, Estado de São Paulo. **Informações Econômicas**, v. 45, n. 2, mar./abr. 2015.

TROMBETA, N. C.; CAIXETA FILHO, J.V. Potencial e Disponibilidade de Biomassa de Cana-de-açúcar na Região Centro-Sul do Brasil: indicadores agroindustriais. **RESR**, vol. 55, Nº 03, p. 479-496, Jul./Set. 2017.

TU, M. An exploratory study of Internet of Things (IoT) adoption intention in logistics and Supply Chain Management: a mixed research approach. **International Journal of Logistics Management**, v. 29, n. 1, p. 131-151, 2018.

UNICA - União da Indústria de cana-de-açúcar. 2015. **Moagem de cana-de-açúcar e produção de açúcar e etanol – safra 2014-2015**. Disponível em: <http://www.unicadata.com.br/historico-de-producao-e-moagem.php?idMn=32&tipoHistorico=4&acao=visualizar&idTabela=1617&safra=2014%2F2015&estado=SP> . Acesso em: 11 maio 2016.

_____. 2016. **Área colhida com cana-de-açúcar, 2015-2015**. Disponível em: <http://www.unicadata.com.br/historico-de-area-ibge.php?idMn=33&tipoHistorico=5&acao=visualizar&idTabela=1613&produto=%C3%81rea+colhida&anoIni=2015&anoFim=2015&estado=RS%2CSC%2CPR%2CSP%2CRJ%2CMG%2CES%2CMS%2CMT%2CGO%2CDF%2CBA%2CSE%2CAL%2CPE%2CPB%2CRN%2CCE%2CPI%2CMA%2CTO%2CPA%2CAP%2CRO%2CAM%2CAC%2CRR> . Acesso em: 9 abr. 2016.

_____. 2017. **Estimativa de safra 2017/2018**. Disponível em: <http://www.unicadata.com.br/listagem.php?idMn=81> . Acesso em: 25 mar. 2018.

_____. 2018. **Moagem de cana-de-açúcar e produção de açúcar e etanol safra 2017/2018**. Disponível em: <http://www.unicadata.com.br/historico-de-producao-e-moagem.php?idMn=32&tipoHistorico=4&acao=visualizar&idTabela=1984&safra=2017%2F2018&estado=RS%2CSC%2CPR%2CSP%2CRJ%2CMG%2CES%2CMS%2CMT%2CGO%2CDF%2CBA%2CSE%2CAL%2CPE%2CPB%2CRN%2CCE%2CPI%2CMA%2CTO%2CPA%2CAP%2CRO%2CAM%2CAC%2CRR> . Acesso em: 10 abril 2019.

UNIÃO DOS PRODUTORES DE BIOENERGIA.UDOP. 2015. **Consumo de mudas é 40% maior no plantio mecanizado de cana, destaca pesquisa**. Disponível em: <http://www.udop.com.br/index.php?item=noticias&cod=112774> . Acesso em: 3 abr. 2016.

_____. 2016. **Histórico do Açúcar Cristal**. Disponível em: http://www.udop.com.br/index.php?item=acucar_historico&op=1 . Acesso em 10 mar. 2016.

_____. 2017. **Valores de ATR e preço da tonelada da cana-de-açúcar do Estado de São Paulo**. UDOP. 2017. Disponível em:
http://www.udop.com.br/cana/tabela_consecana_saopaulo.pdf .Acesso em: 10 mar.2016.

VIAN, C.E.F. **Agroindústria Canavieira**: Estratégias competitivas e modernização. Campinas, SP: Editora átomo, 2003. 216p.

VOLPATO, G. L. O método lógico para redação científica. **Reciis**, v°9, n°1, p.1-14.jan./mar. 2015.

XAVIER, M. A. **Viveiros de mudas de cana-de-açúcar**. 2014. Curso Tópico da Cultura de Cana IAC. Ribeirão Preto: Instituto Agrônomo de Campinas, 2012. 25 p. (IAC. Documentos Aula 10) Disponível em:
http://www.infobibos.com/cursocana/alunos/aulas/Aula10/AULA_10_2014.pdf . Acesso em: 21 Ago. 2017.

WRIGHT, P.; KROLL, M, J.; PARNELL, J. **Administração Estratégica**: conceitos. São Paulo: Atlas, 2000.

ZACARIAS, R.; SANTOS, F.L.; JESUS,V.A.M. Custos operacionais do plantio mecanizado e semi-mecanizado de cana-de-açúcar.**Engenharia na Agricultura**, v.19 n°2, mar./abr. 2011.

ZILIO,L.B.; LIMA,R.A.S. Atratividade de Canaviais Paulistas Sob a Ótica da Teoria das Opções Reais. **RESR**, vol. 53, n° 03, p. 377-394, Jul/Set 2015.

ZORZO, Catiana, R. **Caracterização e desenvolvimento de indicadores de sustentabilidade para os sistemas de produção de cana-de-açúcar na região Centro-Sul do Brasil**. 2015. Tese (Doutorado em Biotecnologia) – Universidade Federal de São Carlos, São Carlos, 2015. Disponível em:
<https://repositorio.ufscar.br/bitstream/handle/ufscar/7701/TeseCRBZ.pdf?sequence=1&isAllo>
 we .

ZWIKAEL, O.; PATHAK, R. D.; SINGH, G.; AHMED, S.The moderating effect of risk on the relationship between planning and success.**International Journal of Project Management**, v, 32, n. 3, p. 435-441, 2014

5.0 PREPARO DO SOLO E PLANTIO DE CANA-DE-AÇÚCAR: UMA AVALIAÇÃO DE CUSTO, RISCO E VIABILIDADE ECONÔMICA

- Fernando Rodrigues de Amorim: estudante de doutorado, Universidade Estadual de Campinas/FEAGRI. Av. Cândido Rondon, 501 - Cidade Universitária, Campinas - SP, 13083-875
[*fernandorodriguesdeamorim@yahoo.com.br](mailto:fernandorodriguesdeamorim@yahoo.com.br)
- Marco Tulio Ospina Patino: Professor doutor MS3, Universidade Estadual de Campinas/FEAGRI. Av. Cândido Rondon, 501 - Cidade Universitária, Campinas - SP, 13083-875
- David Ferreira Lopes Santos: professor assistente doutor II, Universidade Estadual Paulista/Departamento de Economia, Administração e Educação. Via de Acesso Professor Paulo Donato Castellane S/N - Vila Industrial, 14884-900

5.1 Resumo

Diferentes níveis de produtividade e rentabilidade na cultura da cana-de-açúcar evidenciam a importância das práticas agrícolas adotadas, especialmente no preparo do solo e sistemas de plantio. Esta pesquisa avalia os custos de 8 combinações de práticas para o preparo do solo e 5 combinações de atividades para o plantio. Na sequência, o risco e a viabilidade econômica entre produtores rurais (fornecedores e usinas) sucroalcooleiras são avaliados incluindo resultados estratificados pela escala de produção. Foram utilizadas informações de 31 usinas e 42 fornecedores do estado de São Paulo, com dados referentes à safra 2016/2017. Os métodos empregados foram à análise de variância, simulação de Monte Carlo e o fluxo de caixa descontado. Os resultados indicam que o sistema de preparo do solo de plantio direto com taxa fixa e o sistema de plantio com mudas pré-brotadas também com taxa fixa são os que apresentam os menores custos. A maior viabilidade econômica foi identificada nas usinas de médio porte que também apresentaram o menor risco comparado aos fornecedores.

Palavras-chave: Saccharum spp, mecanização, variable rate, produtividade, rentabilidade.

5.2 Introdução

O Brasil é o maior produtor global de cana-de-açúcar cujos três principais produtos (açúcar, biocombustível e bioenergia) posicionam o país como um dos principais *players* no mundo nestes segmentos (Cardoso *et al.*, 2019). No entanto, o setor sucroenergético no Brasil tem enfrentado o desafio de retomar a produtividade e remunerar de forma adequada os produtores rurais e as atividades agrícolas das usinas (Farina *et al.*, 2018).

Os resultados econômicos do setor revelam níveis de rentabilidade inferiores ao custo do capital e, com efeito, aumenta o endividamento dos agentes, reduz a capacidade de investimento e a redução na área cultivada (Manoel *et al.*, 2018). Como a cultura da cana-de-açúcar tem ciclo produtivo entre 4 e 6 anos, as decisões inerentes ao investimento e os sistemas de produção tornam-se, ainda mais, relevantes (Farinelli *et al.*, 2018).

As atividades de preparo do solo e plantio são as mais onerosas na produção de cana-de-açúcar e exercem influência direta e significativa no desempenho econômico (MORAES *et al.*; 2016). Assim, a heterogeneidade de resultados entre usinas e fornecedores independentes está diretamente relacionada às práticas dessas atividades, por esses produtores e estima-se que essas diferenças no desempenho também estão associadas às diferentes escalas das unidades de produção (SANTOS *et al.*, 2018).

Os estudos empíricos sobre a representatividade dos custos dos sistemas de preparo do solo e plantio da cana-de-açúcar ocorreram com amostras ou experimentos restritos e sistemas de manejo específicos (CARVALHO *et al.*, 2011). A viabilidade econômica e os riscos inerentes as principais práticas agrícolas adotadas na formação e o desenvolvimento do canavial constituem uma fronteira de pesquisa, cujos resultados podem contribuir tanto com a literatura quanto e, principalmente, com o setor que compreende mais de 300 usinas e mais de 18 mil de produtores rurais (FARINA *et al.*, 2018; SANTOS *et al.*, 2018).

Portanto, o objetivo desta pesquisa é analisar e comparar os custos de produção e a produtividade em quatro sistemas de preparo do solo: convencional, plantio direto, mínimo e localizado; e três sistemas de plantio: semimecanizado; mecanizado; mudas pré-brotadas. Esses sistemas foram combinados com duas práticas de aplicação de corretivos ou fertilizantes: taxa fixa e taxa variável e com isso, verificou-se a viabilidade econômica desses sistemas de preparo e plantio para três escalas de produção de usinas e fornecedores de cana-de-açúcar.

5.3 Material e Métodos

O número amostral inclui dados de 31 usinas e foi definida por abordagem probabilística para amostra finita e limite de confiança abaixo de 10% considerando as 157 usinas ativas do estado de São Paulo em 2016, o limite de confiança de 10% implicaria em uma amostra de 27 usinas. Em relação à amostra dos fornecedores foram selecionados produtores independentes que forneciam entre 12.000 a 100.000 toneladas de cana-de-açúcar para as usinas. Considerando o total de 18.078, produtores da região Centro Sul do Brasil, o tamanho ideal para uma amostra significativa amostra seria de 39 produtores, que foi superada alcançando uma amostragem de 42 produtores.

Os dados da pesquisa foram gerados a partir das respostas de um questionário preenchido por e-mail ou pessoalmente entre os meses de janeiro de 2017 a agosto de 2017. O questionário foi estruturado com 10 questões relacionadas aos sistemas de preparo e plantio de cana-de-açúcar, os custos e à composição do fluxo de caixa associada a esses sistemas. A validação do questionário ocorreu com a aplicação inicial do questionário em cinco usinas selecionadas aleatoriamente.

Usinas e fornecedores foram classificados em três grupos, de acordo com a área destinada a cana-de-açúcar. Foram identificadas seis usinas de pequena escala que plantam uma área de 8.500 a 19.999 hectares; 20 usinas de média escala com área entre 20.000 e 39.999 hectares e cinco usinas de escala de grande porte com área 40.000 a 70.000 hectares. No grupo de fornecedores foram identificados 20 produtores de pequena escala que plantam entre 112 a 399 hectares; oito fornecedores de média escala com área entre 400 a 799 hectares e 14 fornecedores de grande escala com áreas plantadas acima de 800 hectares. Os valores médios de cada grupo foram utilizados como indicador nas análises de custo, risco e viabilidade econômica.

Para o cálculo das receitas foi considerado um número de cinco cortes, sendo o ciclo médio apontado por Farinelli et al. (2018) e o preço médio da tonelada da cana-de-açúcar calculado com a série histórica dos valores do açúcar total recuperável (ATR) no período de 2003 a 2016.

Na análise de viabilidade econômica foi necessária a elaboração do fluxo de caixa descontado sendo utilizados o valor presente líquido (VPL) e a taxa interna de retorno (TIR), como indicadores de viabilidade (FARINELLI *et al.*, 2018; SANTOS *et al.*, 2018). Seguindo a abordagem utilizada por Rocha et al. (2018), definiu-se a taxa mínima de atratividade

(TMA) em 15% a.a. por representar o rendimento médio requerido nas letra de crédito agropecuário (LCA) no ano de 2017 (Banco Central do Brasil, 2017).

Na análise de risco, com através da técnica de Monte Carlo foram efetuadas 50.000 simulações, com o mesmo valor da produção, no horizonte de 10 anos. Procedimento similar foi adotado por Resende e Richarson (2017), que utilizaram a mesma variabilidade de produção para os demais anos de produção de cana-de-açúcar. Neste aspecto, uma característica especial da simulação dessa técnica é a possibilidade de analisar riscos em ambientes incertos e com ausência de informação consolidada (PRATES e SCHAITZA, 2018). A simulação da probabilidade acumulada foi realizada através do *software Oracle Crystal Ball*, versão 11.1, onde foram estabelecidos um intervalo mínimo e máximo. A partir desses valores, foram estipulados os valores do desvio padrão, obtidos nos valores do lucro líquido, no horizonte de uma safra, ou seja, cinco anos.

A simulação de Monte Carlo é desenvolvida por meio de diferentes modelos e foi utilizado no trabalho de Osaki et al. (2019) para analisar os diferentes sistemas de produção, o custo e a rentabilidade. Porém, todos apresentam três pontos em comum: a elaboração de um fluxo de caixa, a utilização do VPL como medida de risco capaz de fornecer parâmetros importantes a serem considerados e as simulações que fornecem parâmetros estatísticos (desvio padrão, variância e coeficiente de variação). Nesse processo não existe um consenso mínimo e máximo de simulações, mas o trabalho de Osaki e Seleglim Jr. (2017) com 20.000 simulações foi considerado como parâmetro mínimo na metodologia adotada.

O fluxo de caixa líquido (FCL) de cada ano foi determinado para três cenários (otimista, normal e pessimista). A distribuição triangular foi utilizada nas variáveis de entrada da simulação de Monte Carlo para comparar os efeitos nos cenários normal, pessimista que corresponde a uma diminuição de 10% na receita líquida e otimista que contempla um aumento de 10% na receita líquida. Nessa distribuição, o número de repetições proporciona outros valores obtidos a partir dessas variáveis, originando novos resultados, o que permite averiguar a probabilidade de sucesso ou insucesso da atividade. Este tipo de distribuição foi utilizado nos trabalhos de Neupane, Maraseni e Kohl, (2017), Marin e Jones (2014).

5.4 Resultados e Discussões

5.4.1 Caracterização e custos dos sistemas de preparo do solo e plantio de cana-de-açúcar para fornecedores e usinas.

Os tipos de preparo do solo analisados estão no Quadro 1 que descreve os seis sistemas utilizados pelos fornecedores, três com taxa fixa e três com taxa variável e os sete sistemas utilizados pelas usinas, três com taxa fixa e quatro com taxa variável.

Quadro 1. Descrição dos sistemas de preparo do solo utilizados por fornecedores e usinas de cana-de-açúcar.

Abreviatura	Sistema de preparo do solo
PRTF	Taxa Fixa: aplicação de corretivos de forma uniforme em toda a área de acordo com a média calculada através da análise de solo.
PRTV	Taxa Variável: aplicação de corretivos de acordo com cada ponto analisado por grid, ou zona de manejo.
PRCONVTF	Convencional com taxa fixa: grades (aradora, intermediária e niveladora), subsolador, ou arado, eliminador mecânico de soqueira.
PRCONVTV	Convencional com taxa variável: grades (aradora, intermediária e niveladora), subsolador, ou arado, eliminador mecânico de soqueira.
PRLOCATF**	Localizado com taxa fixa: subsolador, rotativa e enleirador de palha.
PRLOCATV*	Localizado com taxa variável: subsolador, rotativa e enleirador de palha.
PRMINITF**	Mínimo com taxa fixa: subsolagem e grade intermediária ou aradora.
PRMINTV	Mínimo com taxa variável: subsolagem e grade intermediária ou aradora.
PRPLDITF	Com plantio direto e taxa fixa: rolo faca e/ou roçadeira, ou subsolador com destorrador.
PRPLDITV	Com plantio direto e taxa variável: rolo faca e/ou roçadeira, ou subsolador com destorrador.

** utilizado somente por usinas. * utilizado somente por fornecedores.

Fonte: Elaborado pelos autores.

Entre usinas e produtores 52% e 79% respectivamente, utilizam apenas um único sistema de preparo do solo. Deste total, 74% das usinas e 93% dos produtores utilizam o sistema de taxa fixa e 26% das usinas e 7% dos fornecedores utilizam o sistema de taxa variável.

Em todos os sistemas analisados aquele que apresenta os menores custos é o sistema de preparo do solo para plantio direto com taxa fixa realizado pelos fornecedores além de ser o sistema com menor desvio padrão e menor variância e menor amplitude.

Entre os custos totais dos sistemas de preparo do solo nos sistemas utilizados pelas usinas, somente os custos de preparo do solo mínimo com taxa variável (TV) e o preparo para plantio direto com taxa variável (TV) estavam acima do custo total médio por hectare para o

preparo do solo indicado pela SOCICANA (2016). Os fornecedores reportaram custos dos sistemas de preparo do solo que estão dentro dos valores médios reportados pela SOCICANA, (2016). A Tabela 1 mostra o detalhe dos custos nos sistemas de preparo do solo que alcançaram acima de 5% de utilização por parte de fornecedores e usinas.

Tabela 1- Análise estatística dos custos médios (R\$/ha) do preparo do solo utilizados por fornecedores (1) e usinas (2) de cana-de-açúcar.

Tipos de preparo do solo	Percentual de utilização	Custo Médio em R\$	Desvio Padrão em R\$	Variância	Amplitude em R\$	Coefficiente de variação
PRCONVTF (1)	67	1.376	92	8.596	776	0,061
PRCONVTF (2)	46	1.923	136,7	18.688	1.076	0,071
PRCONVTV(1)	11	1.599	106	11.383	899	0,066
PRCONVTV(2)	32	1.980	135,9	18.472	1106	0,068
PRLOCATV (2)	5	3.050	Na	Na	Na	Na
PRLOCATF (2)	7	1.600	110	12.179	904	0,069
PRMINITF (1)	9	1.070	72	5.280	607	0,067
PRMINTV (1)	1	1.050	Na	Na	Na	Na
PRMINTV (2)	4	2.050	Na	Na	Na	Na
PRPLDITF (1)	10	1.035	69	4813	602	0,067
PRPLDITF (1)	3	1.275	Na	Na	Na	Na
PRPLDITV (1)	1	1.100	Na	Na	Na	Na
PRPLDITV (2)	2	2.400	Na	Na	Na	Na

Nota:Na – Não se aplica. Siglas quadro 1.

Fonte: Elaborado pelos autores

O sistema de preparo do solo mínimo com taxa fixa dos fornecedores tem um dos menores custos total por hectare, um dos menores custos por tonelada e a menor taxa de reforma, o que permite uma maior longevidade do canavial.

No sistema de preparo do solo convencional com taxa variável (TV), os fornecedores obtiveram uma produtividade 7% superior as usinas e em relação à área de reforma dos canaviais, os fornecedores reformaram 9% a menos comparado às usinas. Demattê et al. (2014) analisaram os custos com corretivos químicos, fertilizantes e análise de solo entre o sistema de taxa fixa (TF) e o sistema de TV, e o resultado demonstrou variação de acordo com o tamanho da área estudada. Quanto menor a área, maior será o custo com análise de solo para o sistema de TV. Sanches et al. (2019) umas das vantagens do sistema de TV é que usinas e produtores poderão alocar variedades adequadas, aplicar os insumos e fertilizantes de acordo com a necessidade de cada gleba, com maior qualidade, garantindo maior sustentabilidade e rentabilidade econômica de sua produção.

Outro ponto interessante a destacar é que as usinas por possuírem uma estrutura de administração maior, seu custo com mão de obra se torna mais caro, o que não se pode

confirmar para esses aspectos de ganhos de economias de escala. As usinas também apresentam um custo de mecanização superior em todos os sistemas devido a que este custo leva em conta a reposição dos maquinários e a depreciação contabilizadas pelas usinas. Os insumos os fornecedores utilizam uma menor quantidade por hectare como uma forma de reduzir os custos.

O maior valor de produtividade reportado pelos fornecedores está associado ao preparo do solo convencional com taxa fixa (TF). Esse resultado difere do encontrado por, Carvalho et al. (2011) não encontraram diferenças significativas de produtividade entre sistemas que utilizam o preparo convencional e o preparo para plantio direto, indicando o sistema do preparo do solo para plantio direto como o menor custo por hectare .

A descrição dos sistemas de plantio analisados consta no quadro 2, com cinco sistemas utilizados pelos fornecedores, três com taxa fixa e dois com taxa variável, e as usinas utilizando quatro sistemas, três com taxa fixa e um com taxa variável.

Tabela 2. Custos (R\$/ha), produtividade e percentual da área de reforma nos sistemas de preparo do solo utilizados por fornecedores (1) e usinas (2).

Sistema de preparo do solo	Custos (R\$)				Produtividade média Ton. ha ⁻¹	Área de reforma (%)
	Mecanização	Mão de obra	Insumos	Total		
PRCONVTF (1)	813	430	133	1.376	91	15
PRCONVTF (2)	1.280	420	223	1.923	84	29
PRCONVTV (1)	950	449	200	1.599	92	20
PRCONVTV (2)	1.260	290	430	1.980	86	22
PRMINITF (1)	640	110	320	1.070	88	7
PRPLDITF (1)	600	107	326	1.033	87	22
PRLOCATV (2)	1.000	150	450	1.600	65	17

Fonte: Elaborado pelos autores. Siglas quadro 1.

O resultado sobre os sistemas de plantio identificou que 21% dos fornecedores utilizam de dois a três sistemas de plantio e 79% apenas um sistema. Em relação as usinas, 48% utilizam de dois a três sistemas de plantio e 52% apenas um sistema. Entre os fornecedores que utilizam apenas um sistema de plantio, 93% dos fornecedores e 74 % das usinas utilizam o sistema de taxa fixa (TF) e 7% dos fornecedores e 26% das usinas o sistema de taxa variável (TV). Somente foram contabilizados a produtividade, e o custo por tonelada de cana, os sistemas que possuíram pelo menos uma resposta com 100% de utilização tanto no preparo do solo, quanto no plantio com taxa variável.

Quadro 2. Descrição dos sistemas de plantio utilizados por fornecedores (1) e usinas (2) de cana-de-açúcar.

Abreviatura	Sistema de Plantio
PLTF	Taxa Fixa: aplicação de fertilizantes e agroquímicos de forma uniforme em toda a área de acordo com a média calculada através da análise de solo
PLTV	Taxa Variável: aplicação de fertilizantes e agroquímicos de acordo com cada ponto analisado por grid, ou zona de manejo.
PLSEMECTF	Semimecanizado com taxa fixa: realizado por máquinas (tratores, carregadeira, implementos e caminhão) e por vários trabalhadores (operador de máquinas, serviços gerais, motorista, fiscais e um apontador).
PLSEMECTV**	Semimecanizado com taxa variável: realizado por máquinas (tratores, carregadeira, implementos e caminhão) e por vários trabalhadores (operador de máquinas, serviços gerais, motorista, fiscais e um apontador)
PLMECANTF	Mecanizado com taxa fixa: totalmente realizado por máquinas, o corte das mudas é realizado por colhedoras de cana-de-açúcar, o carregamento até o local do plantio é realizado por caminhões transbordos e/ou tratores e transbordo e o plantio é executado por um trator que traciona uma plantadora que executa três operações simultaneamente: sulcação, distribuição e cobrição. Aplicação de fertilizantes com taxa variável.
PLMECANTV	Mecanizado com taxa variável: totalmente realizado por máquinas, o corte das mudas é realizado por colhedoras de cana-de-açúcar, o carregamento até o local do plantio é realizado por caminhões transbordos e/ou tratores e transbordo e o plantio é executado por um trator que traciona uma plantadora que executa três operações simultaneamente: sulcação, distribuição e cobrição. Aplicação de fertilizantes com taxa variável.
PLMUDPREBTF	Mudas pré-brotadas com taxa variável: utilização de mudas pré-brotadas realizado através da sulcação, adubação e aplicação de defensivos antes do plantio das mudas que são plantadas por uma matraca e ou com plantio mecanizado.

** utilizado somente por fornecedores

Fonte: Elaborado pelos autores.

O sistema de plantio mais utilizado entre os fornecedores é o plantio semimecanizado com taxa fixa e nas usinas o plantio mecanizado com taxa fixa com destaque também para o sistema de plantio mecanizado com taxa fixa entre os fornecedores e os sistemas de plantio semimecanizado com taxa fixa e mecanizado com taxa variável entre as usinas. Entre todos os sistemas analisados aquele que apresenta os menores custos é o sistema de plantio mecanizado com taxa variável dos fornecedores e entre as usinas o plantio de mudas pré-brotadas com taxa fixa (Tabela 3).

Tabela 3 - Tipos de plantio utilizados em usinas e fornecedores (1) e usinas (2), custos médios (R\$/ha) e análise descritiva.

Tipos de plantio	Percentual utilizado	Custo Médio (R\$)	Desvio Padrão em R\$	Variância em R\$	Amplitude em R\$	Coefficiente de variação
PLSEMECTF(1)	60	5.192	364	132.351	2.975	0,070
PLSEMECTF(2)	23	5.414	375	140.442	2.941	0,069
PLSEMECTV(1)	3	5.350	Na	Na	Na	Na
PLMECANTF(2)	52	5.243	364	132.863	2.881	0,069
PLMECANTF(1)	25	5.173	366	134.262	3.021	0,071
PLMECANTV(1)	4	4.900	Na	Na	Na	Na
PLMECANTV(2)	22	5.161	354	125.103	3.000	0,068
PLMUDPREBTF(1)	8	5.361	380	144.487	3.512	0,071
PLMUDPREBTF(2)	2	5.025	Na	Na	Na	Na

Fonte: Elaborado pelos autores. * siglas quadro 2.

Considerando todos os sistemas analisados, o menor custo foi o sistema de plantio mecanizado com taxa variável dos fornecedores. Todavia, não foi possível realizar a análise estatística, pois somente foram contabilizados a produtividade e o custo por tonelada de cana nos sistemas que possuíram pelo menos uma resposta com 100% de utilização tanto no preparo do solo quanto no plantio com taxa variável. Neste caso, o menor valor que foi realizado na análise estatística foi o sistema de plantio mecanizado com taxa variável, além de possuir o menor valor do coeficiente de variação e da variância. Quanto menor o coeficiente de variação, menor será a diferença do indicador de desempenho (Tabela 4).

Tabela 4 - Tipos de sistemas utilizados com taxa variável entre fornecedores (1) e usinas (2), percentual utilizado, custo médio (R\$/ha), produtividade em toneladas por hectare e custo em R\$ por tonelada de cana.

Tipo de preparo e plantio com TV	Percentual utilizado	Custo Médio em R\$	Produtividade toneladas/ha	Custo em R\$ por tonelada de cana
PRCONV+PLSEMEC (1)	18	6.949	88	78,96
PRCONV+PLSEMEC (2)	21	7.080	83	85,30
PRPLDI+PLSEMEC(1)	17	6.450	Na	Na
PRPLDI+PLSEMEC(2)	2	7.500	85	88,23
PRCONV+PLMECAN(1)	17	6.499	Na	Na
PRCONV+PLMECAN(2)	31	7.142	85	84,02
PRMINI+ PLSEMEC(1)	16	5.950	Na	Na
PRMINI+PLSEMEC(2)	4	7.150	Na	Na
PRMINI+ PLMECAN(1)	15	5.950	Na	Na
PRMINI+ PLMECAN(2)	14	7.212	80	90,15
PRPLDI+ PLMECAN(1)	4	5.450	Na	Na
PRPLDI+ PLMECAN(2)	13	7.562	85	88,96
PRLOCA+ PLMECAN(2)	16	8.150	75	108,66
PRLOCA+ PLSEMEC	15	8.212	Na	Na

Fonte: Elaborado pelos autores. * siglas quadro 2.

Os sistemas de plantio utilizados pelos fornecedores registraram custos totais acima dos valores indicados (Socicana, 2016), similarmente nos sistemas de plantio utilizados nas usinas, com exceção ao sistema de plantio mecanizado com taxa fixa que ficou igual a este valor. Nesses valores, o desvio padrão foi similar para usinas e fornecedores indicando diversidade na estrutura de custos no plantio semi mecanizado com taxa fixa independente do perfil dos produtores (Tabela 5).

Tabela 5 - Custos, produtividade e percentual de área de reforma nos sistemas de plantio utilizados por fornecedores (1) e usinas (2).

Sistema de plantio	Custos (R\$)				Produtividade média Ton. ha ⁻¹	Área de reforma (%)
	Mecanização	Mão de obra	Insumos	Total		
PLSEMECTF(1)	1.426	442	3.323	5.191	84	18
PLSEMECTF(2)	1.616	450	3.350	5.416	80	14
PLMECANTF(1)	1.545	318	3.309	5.172	88	18
PLMECANTF(2)	1.585	376	3.280	5.241	81,8	16
PLMUDPREBTF(1)	1.375	475	3.512	5.362	95	22
PLMECANTV(2)	1.550	462	3.150	5.162	85	17

Fonte: Elaborado pelos autores.

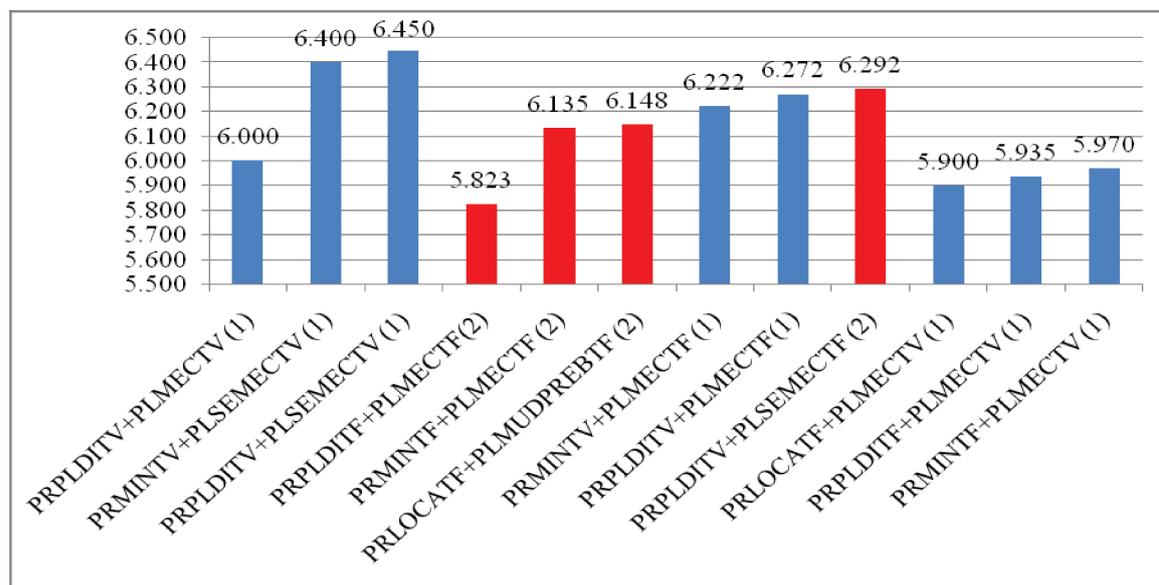
O sistema de plantio mecanizado com taxa variável das usinas tem o menor custo total por hectare por utilizar menor mão de obra e insumos quando comparado aos outros sistemas de plantio. Destacando o plantio de mudas pré-brotadas como o sistema de maior produtividade e menor custo por tonelada produzida. Os resultados indicam que utilizando o sistema de plantio semimecanizado com taxa fixa nas usinas, pode evidenciar uma maior longevidade do canal, com uma produtividade dentro dos valores médios.

Uma outra forma de analisar esses resultados é agrupar os sistemas de preparo e plantio de acordo com o sistema utilizado para a distribuição de insumos e fertilizantes com as aplicações de taxa fixa e de taxa variável. O critério de seleção utilizado foi analisar os três sistemas com menor custo dentre as alternativas existentes para o preparo e plantio.

O menor custo dentre as combinações com taxa fixa (TF) e taxa variável (TV) no preparo do solo e no plantio foi o preparo para plantio direto e o plantio mecanizado, ambas com TF no grupo das usinas, obtendo uma diferença de custos, quando comparado ao sistema de preparo localizado com TF e o plantio mecanizado com TV dos fornecedores (Gráfico 1).

Os valores dos custos por fornecedores do preparo do solo dos produtores médios são maiores por hectare e por tonelada devido às características utilizadas com a infraestrutura (tecnologia) para o preparo da terra e no plantio e por grande parte optarem em fazer todas as operações com maquinários próprios. Santos *et al.* (2018) afirmaram que esta categoria foi a que obteve maior custo no preparo e plantio.

GRÁFICO 1- Agrupamento de preparo e plantio de cana-de-açúcar em fornecedor (1) e usinas (2) em (R\$/ha).



Fonte: Elaborado pelos autores.

Os fornecedores de pequena escala têm maiores custos somente no plantio porquê não conseguem uma escala suficiente para diminuir estes custos e todos relataram que terceirizam essas atividades (Tabela 6). Este fato corrobora com Santos et al. (2018) ao avaliar propriedades rurais de fornecedores de pequeno porte.

Tabela 6 - Custos totais (R\$/ha), produtividade e receita para os fornecedores de cana-de-açúcar.

Indicador	Fornecedores		
	Pequeno	Médio	Grande
Preparo do solo (R\$/ha)	1.256	1.572	1.270
Plantio (R\$/ha)	5.334	5.103	4.997
CCT (R\$)	2.891	2.923	2.776
Manejo do canavial (R\$)	1.700	1.700	1.700
Produtividade (ton./ha)	92	92	88
Custo (R\$/ ton.)	121	123	122
Custo Total (R\$/ha)	11.181 ^a	11.298 ^a	10.743
Receita (R\$/ha)	6.626 ^a	6.976 ^a	6.901 ^a

Os valores seguidos pela mesma letra não diferem significativamente entre os grupos no teste t ($p < 0,05$) nas colunas.

Fonte: Elaborado pelos autores.

O menor custo dos fornecedores estratificados com mão de obra, insumos e mecanização do plantio foi dos fornecedores médios. Portanto, o menor custo total do plantio foi os fornecedores médios, 3% inferior aos fornecedores grandes e 5% inferior aos fornecedores pequenos.

As usinas de pequena escala utilizam de forma mais intensiva seus recursos e usam em maior percentual nas áreas de reforma os resíduos da fabricação de açúcar (vinhaça e torta de

filtro) e com isso, conseguem ter um custo por tonelada 23% inferior comparada com a segunda colocada e 18% inferior as usinas de grande porte (Tabela 7).

Tabela 7 - Custos totais (R\$/ha.), produtividade e receita para usinas processadoras de cana-de-açúcar (R\$).

Indicador	Usinas		
	Pequeno	Médio	Grande
Preparo do solo (R\$/ha)	1.603	1.872	4.633
Plantio (R\$/ha)	5.021	5.312	5.085
CCT (R\$)	2.738	2.607	2.433
Manejo do canavial (R\$)	1.700	1.700	1.700
Produtividade (ton./ha)	87	82	77
Custo (R\$/ ton.)	127	140	180
Custo Total (R\$/ha)	11.062 ^a	11.491 ^a	13.851 ^a
Receita (R\$/ha)	6.536 ^a	6.222 ^a	5.807 ^a

Os meios seguidos pela mesma letra não diferem significativamente entre os grupos no teste t (p <0,05) nas colunas.

Fonte: Elaborado pelos autores.

O menor custo entre os fornecedores considerando os custos com a mão de obra, os insumos e a mecanização no plantio foram dos fornecedores médios, sendo 3% inferior a esses custos nos fornecedores grandes e 5% inferior aos dos fornecedores pequenos.

5.4.2 Avaliação econômica e de risco de fornecedores e usinas de cana-de-açúcar

Para analisar os riscos de retorno proporcionado pela produção de cana-de-açúcar, o *software Oracle Crystal Ball*, foi utilizado para demonstrar os eventos ocorridos em uma safra, cinco anos, determinado pelo valor do desvio padrão, obtido no resultado encontrado do lucro líquido. O desvio padrão também foi utilizado por Florentino, Moreno e Satore, (2008), ao pesquisar a otimização da forma de plantio e espaçamento entre plantas na cultura da cana.

O nível de certeza da probabilidade acumulada para os fornecedores de grande escala utilizando o desvio padrão foi de 83% para o lucro líquido, por ciclo, de cinco cortes, com um intervalo entre R\$ 3.979 milhões a 9.443 milhões. Para os fornecedores médios, o nível de certeza foi de 68% com um intervalo entre R\$ 2.813 milhões a R\$ 5.007 milhões. Para os fornecedores pequenos, o nível de certeza foi de 72% com um intervalo entre R\$1.019 milhões a R\$ 2.210 milhões.

O nível de certeza da probabilidade acumulada para as usinas pequena escala utilizando o desvio padrão foi de 68% para o lucro líquido, por ciclo, 5 cortes, em intervalo entre R\$ 110,4 milhões a R\$ 158,5 milhões. Para as usinas médias, o nível de certeza da probabilidade acumulada foi de 63% com um intervalo entre R\$ 203,5 milhões a R\$ 306,4 milhões e para as usinas grandes, o nível de certeza da probabilidade acumula foi de 67% com

um intervalo entre R\$ 444.9 milhões a R\$ 650 milhões. A seguir é demonstrado na Tabela 8 as análises em usinas e fornecedores de forma estratificada.

Tabela 8 - Análise estatística descritiva de fornecedores (1) e usinas (2).

	Desvio Padrão	Coefficiente de Variação
Pequeno (1)	542.835	0,3265
Médio (1)	1.096.408	0,2807
Grande (1)	1.824.825	0,3142
Pequena (2)	23.971.938	0,178
Média (2)	56.391.555	0,225
Grande (2)	102.211.356	0,1864

Fonte: Elaborado pelos autores.

Comparando os principais resultados dos fornecedores (1) e das usinas (2), o menor desvio padrão foram dos grupos dos fornecedores de pequena escala e o menor coeficiente de variação foi das usinas pequenas escala. Portanto, quanto menor o coeficiente de variação, menor será o risco.

Este estudo também avaliou os riscos a partir dos investimentos realizados por usinas e fornecedores. Neste sentido, foi realizada uma projeção de gastos com aquisição de máquinas e equipamentos para o preparo do solo, plantio e tratos culturais. A escolha foi a partir da escala de grupos com maior representatividade entre os produtores de pequena, média e grande escala nas duas categorias de fornecedores e usinas. Assim, esses cálculos foram realizados com dados de fornecedores de pequena escala (252 ha) e das usinas de média escala (29.500 ha) em uma projeção para 10 anos (dois ciclos).

Para realizar as análises foram elaborados os fluxos de caixa com os princípios metodológicos proposto por Carvalho et al. (2011) utilizando os dados primários das usinas referentes aos custos de produção incluindo os custos do preparo do solo, plantio e produtividade para o cálculo da receita.

O resultado negativo do ano 1º e ano 6º (Tabela 9) é devido à implantação do canavial. Nos anos seguintes, os custos são somente com a manutenção do canavial. Isso reflete na diferença do fluxo de caixa líquido. No entanto, torna-se inviável cultivar cana-de-açúcar com produção inferior a (65 ton. ha⁻¹). A Tabela 9 mostra o fluxo de caixa dos fornecedores pequenos com 252 hectares.

Tabela 9- Receita, Custos e Fluxo de Caixa dos fornecedores de pequena escala (R\$/safra).

Atividade	ANOS				
	1 e 6	2 e 7	3 e 8	4 e 9	5 e 10
Receita Bruta (+)	2.185.861	1.995.786	1.710.674	1.520.599	1.330.524
Custo total (-)	-2.639.070	-1.310.439	-1.184.433	-1.100.429	-1.016.426
Fluxo de caixa líquido	-453.209	685.347	526.241	420.170	314.098

Observação: O investimento no ano zero é de R\$ 938.315,00.

Fonte: Elaborado pelos autores.

O plantio do canavial representa a maior porcentagem dos custos, no primeiro e sexto anos, sendo que o custo com plantio representa 49% dos custos totais, seguido das operações do CCT com 33% e o custo com preparo do solo que representa 18% (tabela 10).

Tabela 10 -Receita, Custos e Fluxo de Caixa nas usinas de média escala em (R\$/safra).

Atividade	ANOS				
	1 e 6	2 e 7	3 e 8	4 e 9	5 e 10
Receita Bruta (+)	244.759.187	200.257.516	178.006.681	155.755.846	144.630.428
Custo total (-)	-321.685.905	-138.653.922	-128.820.153	-118.986.38	-114.069.499
Fluxo de caixa liquido	-76.926.718	61.603.593	49.924.030	37.506.964	31.298.431

* O investimento no ano zero é de R\$ 9.681.907.

Fonte: Elaborado pelos autores.

A tabela 11 mostra que os maiores custos estão nos anos 1º e 6º. Estes custos compõem a maior parte da implantação do canavial totalizando 51% de todos os gastos, seguido com as operações do CCT 35% e o custo com preparo do solo de 13% do custo total.

Na análise dos cenários para os fornecedores de pequena escala o VPL e a TIR foi viável no cenário real e otimista. Os valores do Fluxo de caixa liquido (FCL), simulação de cenários dos fornecedores de pequena escala (Tabela 11).

Tabela 11 -Valores referentes ao fluxo de caixa pessimista, fluxo de caixa real, fluxo de caixa otimista e simulação em fornecedores pequenos (R\$).

Anos	FCL Pessimista	Fluxo de Caixa Liquido (RS)	
		FCL Real	FCL Otimista
0	-938.315	-938.315	-938.315
1	-498.530	-423.209	407.088
2	616.812	645.347	753.882
3	411.773	457.525	503.278
4	316.309	351.454	386.600
5	220.845	245.383	269.921
6	-498.530	-423.209	-407.088
7	616.812	645.347	753.882
8	411.773	457.525	503.278
9	316.309	351.454	386.600
10	220.845	176.668	269.921
TOTAL	1.196105	1.634.689	2.073273
VPL	-48.554	181.425	357.743
TIR	14,0%	18,7%	23,3%

*O investimento no ano zero é de R\$ 938.315,00.

Fonte: Elaborado pelos autores.

Na análise dos cenários para as usinas o VPL e a TIR foi viável em todos cenários. Os valores do FCL, simulação de cenários das usinas de escala média (Tabela 12).

Tabela 12-Valores referentes ao fluxo de caixa pessimista, fluxo de caixa real, fluxo de caixa otimista e simulação em usinas de escala média (R\$).

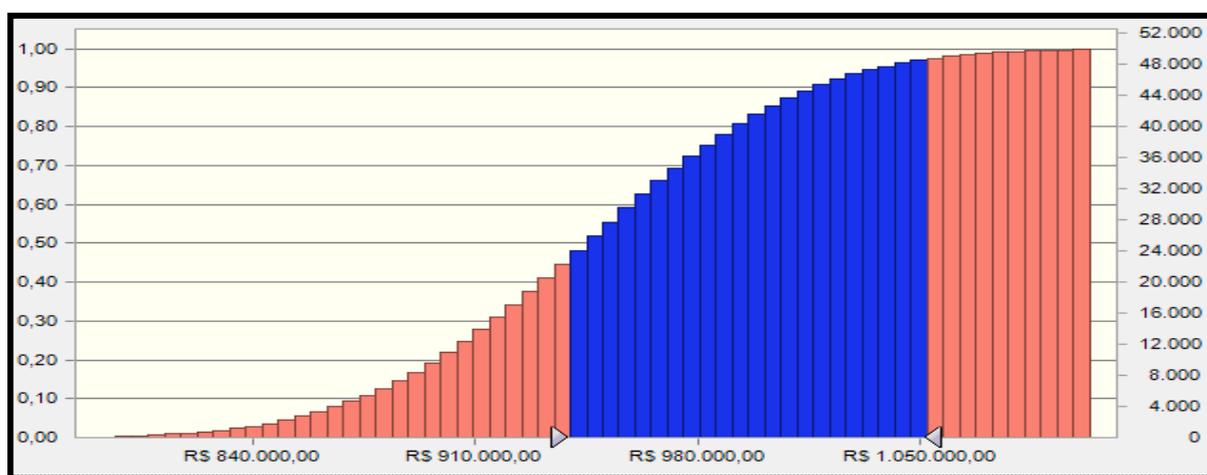
Anos	Fluxo de Caixa Líquido (R\$)		
	FCL Pessimista	FCL Real	FCL Otimista
0	-9.681.907	-9.681.907	-9.681.907
1	-84.619.390	-76.926.718	-69.234.046
2	55.443.234	61.603.593	67.763.953
3	44.931.627	49.924.030	54.916.433
4	33.756.268	37.506.964	41.257.660
5	28.168.588	31.298.431	34.428.274
6	-84.619.390	-76.926.718	-69.234.046
7	55.443.234	61.603.593	67.763.953
8	44.267.875	49.924.030	54.916.433
9	33.756.268	37.506.964	41.257.660
10	28.168.588	31.298.431	34.428.274
Total	145.014.996	197.130.696	248.582.644
VPL	36.796.958	64.457.999	91.902.059

* O investimento no ano zero é de R\$ 9.681.907,00 **Fonte:** Elaborado pelos autores.

O intervalo médio do FCL (figura 1) para os fornecedores de pequena escala apresentam um grau de certeza de 52,3%, com probabilidade de erro R\$ 248,66 e a maior parte dos fluxos se encontra na faixa de R\$ 940 mil a R\$ 1,05 milhão. A mediana foi R\$ 947,7 mil e o coeficiente de variação 5,8%.

A probabilidade da sobreposição do valor médio do saldo total dos fornecedores pequenos foi R\$ 947,6 mil, valor este que é inferior quando comparado com o valor do fluxo total no cenário pessimista R\$ 1,2 milhão. Os percentuais de fluxos médios gerados para os fornecedores pequenos evidenciaram que 80% dos valores ficaram entre 740 e 899 mil reais. Os maiores riscos para os fornecedores de cana na variação da rentabilidade líquida são determinadas por fatores externos: preço do ATR e pelos fatores climáticos. (figura1).

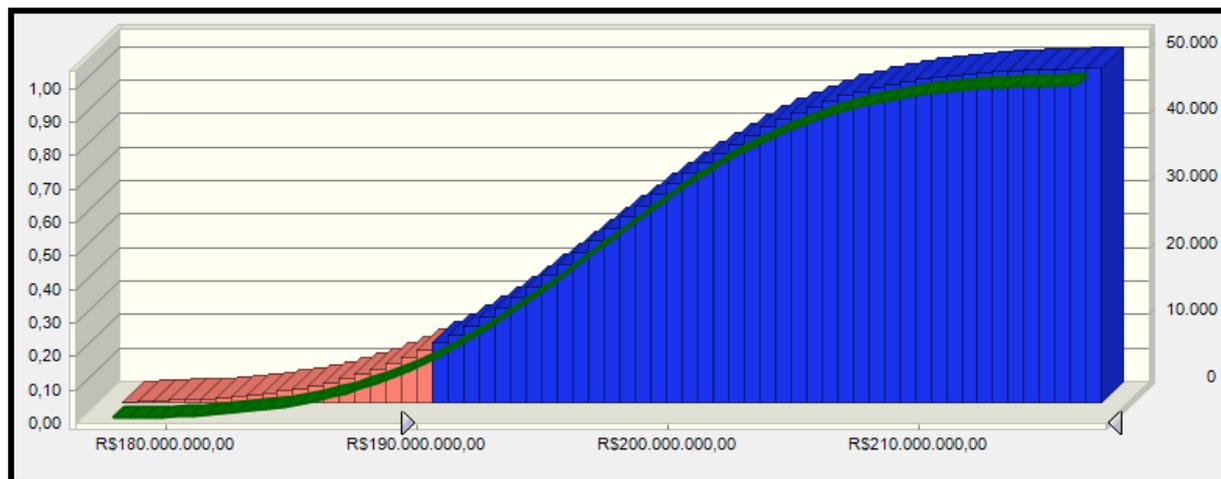
Figura 1 - Frequência acumulativa do FCL para fornecedores de pequena escala.



Fonte: Elaborado pelos autores.

O intervalo médio do FCL para as usinas de média escala apresentam um grau de certeza de 84%, um desvio padrão de R\$ 6.344.744,55, com probabilidade de erro de R\$ 28.926,24. Portanto, a maior parte dos fluxos se encontra na faixa de R\$ 190.000.000,00 a R\$ 210.000.000,00. A mediana foi R\$ 196.917.850,11 e o coeficiente de variação 3,57% (figura 2).

Figura 2- Frequência acumulativa do FCL total para as usinas com escala média.



Fonte: Elaborado pelos autores.

A probabilidade da sobreposição do valor médio do saldo total das usinas médias foi R\$ 196.863.476,02, inferior em R\$ 267.220.48, quando comparado com o valor do fluxo do cenário real R\$ 197.130.696,50. Os percentuais de fluxos médios gerados para as usinas médias com tendência cumulativa evidenciaram que 80% dos valores ficaram no intervalo entre R\$ 899 mil e R\$ 740 mil.

5.5 Conclusões

Nos sistemas de preparo do solo analisados o de menor custo por tonelada de cana-de-açúcar produzida é o preparo do solo para plantio direto com taxa fixa efetuado pelos fornecedores. No entanto, a maior produtividade (92 ton. ha⁻¹) está associada ao sistema de preparo convencional com taxa variável nos fornecedores, que apresentou o maior custo por tonelada de cana-de-açúcar produzida, sendo 68% superior aos custos do sistema de preparo do solo para plantio direto com taxa fixa.

Na análise dos sistemas de plantio, o menor custo por tonelada de cana-de-açúcar foi encontrado no grupo dos fornecedores, com destaque para o sistema de plantio de mudas pré-brotadas com taxa fixa, que está associado ao maior percentual de área de reforma e apresenta

uma produtividade 10% superior à do plantio mecanizado com taxa variável que é o melhor resultado de produtividade obtida no grupo das usinas.

Nas combinações de preparo do solo e plantio a de menor custo e maior produtividade foi o preparo do solo de plantio direto com o plantio mecanizado das usinas, ambos, com taxa fixa. O menor custo total na análise conjunta de preparo do solo e plantio foi reportado nos fornecedores de grande escala. A maior receita por hectare entre as usinas está nas de pequena escala, associada a maiores rendimentos, sendo 4,6% maior que nas usinas médias e 2% maior que nas usinas grandes.

Desta forma, os custos por hectare no preparo e plantio de cana-de-açúcar são 8% menores no grupo dos fornecedores frente às usinas. Por outro lado os fluxos de caixa e os indicadores de rentabilidade (VPL e TIR) se mostram mais atrativos em todos os cenários para as usinas que ainda apresentam uma probabilidade de risco 38% menor.

5.6 Referências

- CARDOSO, T. F. WATANABE, M. D.B.; SOUZA, A; CHAGAS, M. F; CAVALETT, O.; MORAIS, E.R; NOGUEIRAS, L. A. H.; LEAL, M. L. R.V; BRAUNBECK, O.A.; CORTEZ, L. A. B; BONOMIA. A.2019. A regional approach to determine economic, environmental and social impacts of different sugarcane production systems in Brazil. *Biomass and Bioenergy* 120: 9-20.
- CARVALHO, L. A.; SILVA-JUNIOR, C. A.; NUNES, W. A. G. A.; MEURER, I; SOUZA-JÚNIOR, W. S. Produtividade e viabilidade econômica da cana-de-açúcar em diferentes sistemas de preparo do solo no centro-oeste do Brasil. 2011. *Revista de Ciências Agrárias (Lisboa)* 34: 199-211. (in portuguese, whit abstract in English).
- DEMATTE, J, A, M; DEMATTÊ, J, L, I; ALVES, E, R.; BARBOSA, R, N; MORELLI, J. 2014. Precision agriculture for sugarcane management: a strategy applied for brazilian conditions. 36: 111-117. *Acta Scientiarum. Agronomy*.
- FARINA, E.; ZECHIN, M. R.; RODRIGUES, A. P.; BELON, J. G. O.; SOUSA, E. L.; KUTAS, G.; PHILLIPS, L.; CAMARGO, R.; SZWARC, A.; ZILMAR, J. S. 2019. Cenários de desafios no setor Sucroenergético. *Agroanalysis* 38: 30-36. (in portuguese, whit abstract in English).
- FARINELLI, J. B. M.; SANTOS, D. F. L.; FERNANDES, C.; FERNANDES, M. M. H.; SILVA, M. F. 2018. Crop Diversification Strategy to Improve Economic Value in Brazilian Sugarcane Production. *Agronomy Journal* 110: 1402-1411.
- FLORENTINO, H. de O.; MORENO, E. V.; SARTORI, M. M. Pereira. Multiobjective optimization of economic balances of sugarcane harvest biomass. 2008. *Sci. agric.* 65:561-564
- MANOEL, A. A. S.; MORAES, M. B. C.; SANTOS, D. F. L.; NEVES, M. F. 2018. Determinants of corporate cash holdings in times of crisis: insights from Brazilian sugarcane

industry private firms. *International Food and Agribusiness Management Review* 21: 201-217.

MARIN, F.R.; JONES, J. W. 2014. Process-based simple model for simulating sugarcane growth and production. *Sci. Agric*7: 11-16.

MORAES, E. R.; DOMINGUES, L. A. S.; MEDEIROS, M. H.; PEIXOTO, J. V. M.; LANA, R. M. Q. 2016. Produtividade e características agronômicas da cana-de-açúcar em diferentes sistemas de preparo do solo. *Revista de Agricultura Neotropical* 3: 27–32. (in portuguese, whit abstract in English).

NEUPANE, P.R.; MARASENI, T.N.; KOHL, M. 2017. The sugarcane industry in Nepal: Opportunities and challenges. *Environmental Development* 24: 86-98

OSAKI, M.R.; SELEGHIM JR. P. 2017. Bioethanol and power from integrated second generation biomass: A Monte Carlo Simulation. *Energy Conversion and Management*141: 274–284.

OSAKI, M.R.; ALVES, L. R. A.; LIMA, F. F.; RIBEIRO, R. G.; BARROS, G. S. 2019. Risks associated with a double-cropping production system - a case study in southern Brazil. *Sci. Agric*.76: 130-138

PRATES, G. A.; SCHAITZA, E. G. 2018. Wood gasification energy micro-generation system in brazil- a monte carlo viability simulation. *Independent Journal of Management & Production* 9: 140-150.

SANCHES, G.M.; PAULA, M. T. N.; MAGALHÃES, P. S.; DUFT, D. G.; VTTI, A. C.; KOLLN, O.T.; BORGES, B. M. M.; FRANCO, H.C.J. 2019. Precision production environments for sugarcane fields. *Sci. Agric*.76: p.10-17

SANTOS, D. F. L.; SOUZA, C. A. F.; FARINELLI, J. B. M.; SILVA, B. L.; HORITA, K. 2018. Análise econômica da produção de cana-de-açúcar em diferentes pacotes tecnológicos. *Estudo & Debate (online)* 25: 262-283. (in portuguese, whit abstract in English).

SOCICANA. ASSOCIAÇÃO DOS FORNECEDORES DE CANA DE GUARIBA. Custo de Produção. 2016. Disponível em: <<http://socicana.com.br/custos-de-producao/>>. Accessed em: abr.15. 2017. (in portuguese)

Agradecimento ao Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (CNPq) pela concessão da bolsa de estudos.

6 - EFICIÊNCIA E RENTABILIDADE DOS SISTEMAS DE PRODUÇÃO DE CANA-DE-AÇÚCAR NO ESTADO DE SÃO PAULO – BRASIL.

6.1 Resumo:

A competitividade da cadeia produtiva da cana-de-açúcar requer investimentos em novas tecnologias e práticas de manejo em todas as etapas da produção, especialmente, nas atividades de preparo do solo e plantio que além de serem as mais onerosas, os reflexos destas atividades são difíceis de serem corrigidos após o crescimento da planta. Existem diferentes estratégias de produção de cana-de-açúcar com distintos resultados produtivos e econômicos, sendo que os resultados econômicos podem não corresponder aos sistemas que entregam a maior produtividade por hectare. Portanto, a questão que motivou essa pesquisa foi: qual o sistema de produção apresenta o melhor desempenho produtivo e econômico para a cultura da cana-de-açúcar no Brasil. Em razão das diferenças de estrutura de produção entre usinas e fornecedores, a análise foi estratificada para esses dois grupos. Os dados que originaram essa pesquisa foram tomados de 31 usinas e 42 produtores rurais no Estado de São Paulo. Utilizou-se uma modelagem quantitativa, baseada em programação linear, para determinar os melhores sistemas de produção. Os resultados demonstraram que o preparo convencional com taxa fixa e o uso de mudas pré-brotadas com taxa fixa proporcionou menor custos para os fornecedores e para as usinas, enquanto que o preparo localizado com taxa variável e o plantio semimecanizado com taxa fixa, o preparo convencional com taxa fixa e o mudas pré-brotadas com taxa fixa obtiveram maiores receitas para as usinas. Os fornecedores que utilizaram o preparo convencional com taxa fixa; o plantio convencional com taxa variável, o plantio mecanizado com taxa fixa e o plantio semimecanizado com taxa fixa têm um aumento do lucro e os fornecedores que reformam suas lavouras no custo médio entre 0 a 5%, podem alcançar uma produtividade média de 85 toneladas por hectare, enquanto as usinas, 88 toneladas.

Palavras-chave: otimização de custos, maximização de lucro, usinas, produtores de cana-de-cana-de-açúcar, área reformada de canavial.

6.2 Introdução

O setor sucroenergético brasileiro tem relevante importância econômica para o país e para a segurança do fornecimento global de açúcar e biocombustível (SOZINHO *et al.*, 2018; BRINKMAN *et al.*, 2018). Ainda que, a cana-de-açúcar seja cultivada em quase todo território nacional, a região Centro-Sul do país concentra mais de 80% da produção brasileira em razão das condições de solo, clima e infraestrutura tecnológica e humana (DEMCZUL e PADULA, 2017).

Um dos principais fatores para a competitividade do Brasil na produção de cana-de-açúcar é a produtividade dos canaviais (ANDRADE, 2017; SALLES-FILHO *et al.*, 2017) e o baixo custo de produção no setor agrícola (WISSMAN; SHIKIDA, 2017). Essa competitividade em relação a outros países produtores está sustentada na tecnologia que o setor sucroenergético tem a sua disposição, bem como na capacidade instalada que o país tem de gerar novas tecnologias para essa cultura (SALLES-FILHO *et al.*, 2017).

O setor sucroenergético passou por diversas mudanças na forma de executar o preparo e plantio de cana-de-açúcar nos últimos anos. No entanto, dados da pesquisa de Santos (2015), demonstraram que a evolução na mecanização nos últimos anos, não vem demonstrando aumento da produtividade. Por outro lado, não se pode afirmar que a redução da produtividade esteja diretamente relacionada ao tipo de preparo e plantio adotado, haja vista, que outros fatores como investimento, clima, colheita, entre outros interferem na produtividade. Neste contexto, Barros e Milan (2010) enfatizaram que as tomadas de decisões no preparo do solo têm correlações positivas com as outras etapas agrícolas, em especial, com todo o ciclo ao plantio.

Sob outros aspectos, houve grande evolução na inovação referente à introdução de novas variedades de cana-de-açúcar. Essas variedades foram responsáveis pelo aumento e/ou manutenção da produtividade e a qualidade da matéria prima brasileira nos últimos anos (DEMATÊ *et al.* 2014). Neste contexto é importante analisar e identificar, qual sistema de produção as usinas e fornecedores de pequenos, médios e grandes portes, se enquadram, de acordo com seus recursos (insumos, ativos e quantidade de mão de obra) proporcionando uma maior longevidade e, produtividade de cana-de-açúcar, gerando melhores resultados financeiros. Assim, o ganho de produtividade, pode não ocorrer de forma equivalente com o financeiro, sendo que essa situação pode ser distinta entre usinas e fornecedores, em função das assimetrias de mercado (acesso ao crédito, condições de compra, escala de produção etc.).

Entretanto, Torquato *et al.* (2015), mencionou que os fornecedores com áreas menores têm dificuldades para adquirir algumas máquinas para o setor agrícola, devido escala

de produção, pois não gera recursos financeiros favoráveis a estrutura do capital. Sob esta ótica, Demattê *et al.* (2014), analisaram os custos com corretivos químicos, fertilizantes e análise de solo entre o sistema de taxa fixa (TF) e o sistema de Taxa Variável (TV), e o resultado demonstrou variação de acordo com o tamanho da área estudada. Quanto menor a área, maior será o custo com análise de solo para o sistema de (TV). Com relação à utilização de (TV).

Baio *et al.* (2018), relataram que esta técnica é utilizada na agricultura de precisão para a distribuição de fertilizantes, o que possibilita a racionalização dos insumos, sendo que o mesmo, analisou a eficiência do uso do sistema de TV e o resultado mostrou-se vantajoso, na cultura do algodão. Colaço e Molin (2017) afirmaram que o uso de TV na cultura da laranja reduziu o uso de insumos e resultou em aumento de produtividade quando comparado com o sistema de (TF). Silva e Moraes (2010) relataram que 56%, em um universo de 90 usinas, adotam o uso de agricultura de precisão e deste total, 29% a utilizam para a aplicação de TV.

Estes e outros trabalhos como de CIRANI *et al.* (2010) foram pontuais, com foco voltados para desempenhos agrônômicos e, quando mostraram alguns resultados econômicos e financeiros, não abrangeram em conjunto, a questão de maximização de receita e minimização de custos, sob a ótica de fornecedores e usinas. Portanto, este artigo analisa 48 métodos alternativos para o preparo do solo e plantio de cana-de-açúcar utilizada por usinas e fornecedores, buscando identificar o menor custo do preparo do solo e plantio, o sistema que maximiza a receita e o sistema que minimiza o custo.

6.3 Material e Métodos

A presente pesquisa é de caráter exploratório-descritivo, com delineamento classificado como uma pesquisa de associação com interferência, o que segundo Volpato (2015) serve para testar a correlação entre os tratamentos, levando em conta a interferência entre as variáveis e com uma abordagem quantitativa. O estudo foi realizado com dados referentes às usinas e fornecedores de cana-de-açúcar do estado de São Paulo, da safra 2016, coletados entre janeiro e agosto de 2017.

Para esta amostragem foi utilizada uma população de 157 usinas no estado de São Paulo, segundo estatísticas da Companhia Nacional de Abastecimento (CONAB, 2015). Esta pesquisa abordou usinas entre 1 a 3 milhões de toneladas de cana-de-açúcar, em usinas de médio porte. Com abordagem probabilística para amostra finita e limite de confiança de 90%

e erro padrão de 0,05%, sendo que o resultado proposto foram 27 usinas. Entretanto, a pesquisa abordou 31 usinas.

Para a amostragem dos fornecedores foram selecionados produtores que não dependem das usinas e destilarias para realizarem o plantio e o preparo do solo em suas propriedades. Do total de 18.078 produtores da região Centro Sul do Brasil, Orplana (2010) optou-se por selecionar os produtores que fornecem entre 12.000 a 100.000 toneladas de cana-de-açúcar, as usinas.

A amostra analisou os fornecedores que pertencem a duas associações: Canaoeste e Socicana, que correspondem a mais de 5.000 produtores que representam mais 40% dos produtores do Estado de São Paulo. Deste total, a Canaoeste possui 145 fornecedores neste perfil e a Socicana 105, totalizando 250 fornecedores. Portanto, o tamanho da amostra foi de 42 fornecedores. Com abordagem probabilística para amostra finita e limite de confiança de 90% e erro padrão de 0,04%, sendo que o resultado proposto foram 42 fornecedores.

Neste aspecto, a pesquisa conseguiu 42 fornecedores e 31 usinas. Portanto 73 questionários foram respondidos, amostra representativa, dado o fato de não haver informações registrados de usinas e fornecedores em termos comparativos sobre custos de preparo do solo e plantio maior que do que a alcançada neste trabalho.

A estratégia para coletar os dados dos fornecedores de cana-de-açúcar foi entrar em contato com a administração da Socicana e Canaoeste, os quais forneceram os contatos dos possíveis respondentes – fornecedores e gerentes que se enquadram na produção. Para as usinas, depois de identificadas sua escala de produção foi contatada, os supervisores, gerentes e diretores do setor agrícola.

O questionário foi estruturado com 10 questões relacionadas aos sistemas de preparo do solo, plantio de cana-de-açúcar, produtividade e percentual da área de reforma de usinas e fornecedores. A validação desse questionário foi realizada com a aplicação em cinco usinas selecionadas aleatoriamente.

6.3.1 Modelagem

A complexidade deste setor faz deste um campo interessante do ponto de vista da otimização (JUNQUEIRA & MORABITO, 2017). Neste aspecto, Dorfman (1966) relata que a área que estuda esta complexidade é denominada de Programação Matemática, que por sua vez, é baseada na reformulação dos problemas com o propósito de permitir uma tomada de decisão apropriada em situações reais, que determinam elevado número de variáveis, possibilidades e combinações, e essas características as tornam únicas e interessantes.

Contudo, Florentino, Moreno e Satore, (2008), mencionaram que essas mesmas características demandam a utilização de um processamento sistematizado para poder organizar e compreender o sistema como um todo.

As variáveis tomadas como essenciais para a modelagem do problema foram as áreas dedicadas a cada tipo de combinação entre tipo de preparo e tipo de plantio. Assim, a variável y_j representa a porcentagem de área dedicada ao sistema j , $j=1, \dots, 33$. Os 48 sistemas ocorrem pela combinação entre as três opções de plantio e as quatro opções de preparado além da diferenciação sobre taxa fixa e taxa variável para cada sistema. A descrição dos tipos de preparo do solo analisados consta no quadro 1.

Os custos relacionados a cada sistema foram categorizados em custos de insumos, mecanização e mão-de-obra, sendo que o custo total de um sistema é a soma destes três custos. As análises foram feitas com relação ao custo total, produção, receita e lucro. A resolução do modelo proposto foi gerado pelo *software* Matlab R2016a, para o modelo biobjetivo foi utilizada a rotina gamultobj. No entanto, para o modelo monoobjetivo foi utilizada a rotina linprog.

Quadro 1– Descrição dos sistemas de preparo do solo utilizados por fornecedores (1) e usinas (2) de cana-de-açúcar.

Descrição dos sistemas de preparo do solo
Taxa Fixa: aplicação de corretivos de forma uniforme em toda a área de acordo com a média calculada através da análise de solo.
Taxa Variável: aplicação de corretivos de acordo com cada ponto analisado por grid, ou zona de manejo.
Convencional: grades (aradora, intermediária e niveladora), subsolador, ou arado, eliminador mecânico de soqueira.
Localizado: subsolador, rotativa e enleirador de palha.
Mínimo: subsolagem e grade intermediária ou aradora.
Com plantio direto: rolo faca e/ou roçadeira, ou subsolador com destorrador.

Fonte: Elaborado pelos autores

O quadro 2 mostra os tipos de plantio utilizados por fornecedores (1) e usinas (2).

Quadro 2– Descrição dos sistemas de plantio utilizados por fornecedores (1) e usinas (2) de cana-de-açúcar.

Descrição dos sistemas de plantio
Taxa Fixa: aplicação de fertilizantes e agroquímicos de forma uniforme em toda a área de acordo com a média calculada através da análise de solo.
Taxa Variável: aplicação de fertilizantes e agroquímicos de acordo com cada ponto analisado por grid, ou zona de manejo.
Semimecanizado: realizado por máquinas (tratores, carregadeira, implementos e caminhão) e por vários trabalhadores (operador de máquinas, serviços gerais, motorista, fiscais e um apontador).
Mecanizado: totalmente realizado por máquinas, o corte das mudas é realizado por colhedoras de

cana-de-açúcar, o carregamento até o local do plantio é realizado por caminhões transbordos e/ou tratores e transbordo e o plantio é executado por um trator que traciona uma plantadora que executa três operações simultaneamente: sulcação, distribuição e cobrição. Aplicação de fertilizantes com taxa variável.

Mudas pré-brotadas: utilização de mudas pré-brotadas realizado através da sulcação, adubação e aplicação de defensivos antes do plantio das mudas que são plantadas por uma matraca e ou com plantio mecanizado.

Fonte: Elaborado pelos autores

6.3.2 Modelo biobjetivo

A relação produção-custo foi modelada como um problema de programação linear biobjetivo. Os objetivos analisados nesse modelo foram à maximização da produção e a minimização dos custos totais em 48 sistemas de produção agrícola do setor sucroenergético.

No modelo descrito a seguir encontram-se os dois objetivos. No primeiro, dado pela equação (1), tem-se a minimização do custo relacionado à produção e no segundo objetivo, equação (2), representa a maximização da produção e a restrição de produção, foi determinado que a porcentagem da área cultivada sempre será menor e/ou igual a 100%, ou de modo equivalente, menor ou igual a 1. A área de reforma foi delimitada para 30%, ou 0.3%. Os valores extrapolados foram delimitados com reforma a partir de 60 toneladas. Valores similares a este foram mencionados no trabalho de Gomes & Bajay (2017) ao encontrar o ponto econômico para reforma do seu canavial. Além desses resultados, Resende e Richarson, (2017) mencionaram que, de um modo geral, as usinas reformam 20% de suas áreas.

Os valores de custo máximo e mínimo foram calculados utilizando um desvio padrão em relação ao custo médio encontrado na pesquisa de campo. A produção média para cada sistema foi calculada com base nos resultados dos questionários, bem como, simulações de aumento de produção, gerada a partir do percentual da área reformada. Equação 1.

$$\text{Min Custo} = \min \left[\sum_{j=1}^n ci_j y_j, \sum_{j=1}^n cm_j y_j, \sum_{j=1}^n co_j y_j, \sum_{j=1}^n ci_j x_j, \sum_{j=1}^n cm_j x_j, \sum_{j=1}^n co_j x_j \right] \quad (01)$$

$$\text{Max Produtivid.} = \max \left[\sum_{j=1}^n p_j y_j, \sum_{i=1}^n p_i x_i \right] \quad (02)$$

Onde:

Y: área dedicada a cada combinação entre preparo e plantio (%)

X: área dedicada a reforma (%)

J: Combinação entre todos os sistemas do preparo (R\$)

I: Combinação entre todos os sistemas do plantio (R\$)

ci_j: Custo dos insumos para a reforma e plantio utilizando sistema J (R\$)

cm_j: Custo de mecanização para reforma e plantio utilizando o sistema J (R\$)

co_j: Custo mão-de-obra para reforma e plantio usando sistema j (R\$)

p_j: Produção relacionada ao sistema J (Ton./ha.)

p_i: Produção relacionada ao sistema I (Ton./ha.)

Sujeito às seguintes restrições:

$$\sum_{PL} \sum_{PM} \sum_{PPD} \sum_{PC} = 1 \quad \sum_{SM} \sum_{MPB} \sum_{M} = 1 \quad \sum_X \leq 1 \quad \sum_Y = 1$$

Onde:

PL: Área com preparo localizado (%)

PM: Área com plantio mínimo (%)

PPD: Área com preparo para plantio direto (%)

PC: Área com preparo convencional (%)

SM: Área de plantio semimecanizado (%)

MPB: Área de plantio com mudas pré-brotadas (%)

M: Área de plantio mecanizado (%)

A solução de um problema biobjetivo gera uma curva de soluções conhecidas como fronteira de Pareto. Para Berezkin e Lotov (2014) esta ferramenta é simples e, corrobora para identificar os pontos ótimos para as possíveis soluções, proporcionando ao tomador de decisão a identificação de qual ponto ótimo será mais vantajoso.

A curva representa o *tradeoff* entre as soluções não dominadas do problema, ou seja, os pares com a melhor relação custo-produção. As soluções encontradas serão apresentadas a seguir. Como descrito no modelo (1)-(4) os objetivos empregados foram de maximização da produção e minimização dos custos no plantio e na área de reforma do canavial.

Para analisar a maximização de receita e maximização do lucro foi estipulado o número de cinco cortes. O valor do Açúcar Total Recuperado (ATR) ocorreu do valor médio (atualizado pela inflação do período) entre janeiro de 2010 a abril de 2017, R\$ 0.5357, (UDOP, 2017). A taxa média estipulada da quantidade de açúcar produzido por tonelada do setor foi 140,8 kg/ATR, (UDOP, 2017). O cálculo da receita foi realizada através da produtividade indicada por cada grupo, usinas e fornecedores (dados primários) multiplicando pelo valor da ATR R\$ 0.5357 e por 140,8 kg/ATR. Os resultados são apresentados a seguir.

6.4 Resultados e Discussão

Os resultados referentes à figura 1 demonstram a relação de percentual de área reformada e aumento de produção para os fornecedores. Os dados são extrapolados para ver quais cenários são mais interessantes e são demonstrados com a figura 1a, figura 1b e figura

1c, com reforma a partir de 60 toneladas por hectare. Gomes e Bajay (2017) relataram que o ponto econômico da reforma de um canavial ocorre no 7º corte, com produtividade do canavial de 66 toneladas por hectare e que o aumento dos valores monetários recebidos por tonelada da cana, quando comparado conjuntamente com a expectativa da produtividade inicial do canavial, provoca a redução da decisão da reforma de 7º corte para o 6º corte, podendo chegar até a ocorrer no 5º corte.

O cenário A mostra uma maior concentração de reforma entre 5% a 10%, 13 observações de resultados entre 60 (ton. ha) a 80 (ton./ha.). Sendo assim, um índice maior de reforma não se mostrou vantajoso para a *tradeoff*, custo-produção, com o valor gasto de R\$ 5.490,00/ha.

O cenário 1b demonstra uma maior concentração de reforma entre 0 e 5%, 17 observações, com uma produção máxima de 85 (ton./ha.). Sendo assim, no cenário 1b não se mostrou conveniente reformar um maior índice para obter uma produção desembolsando R\$ 6.494,00/ha.

Figura 1 – Percentual de área reformada e aumento de produção por hectare dos fornecedores (R\$/ha).

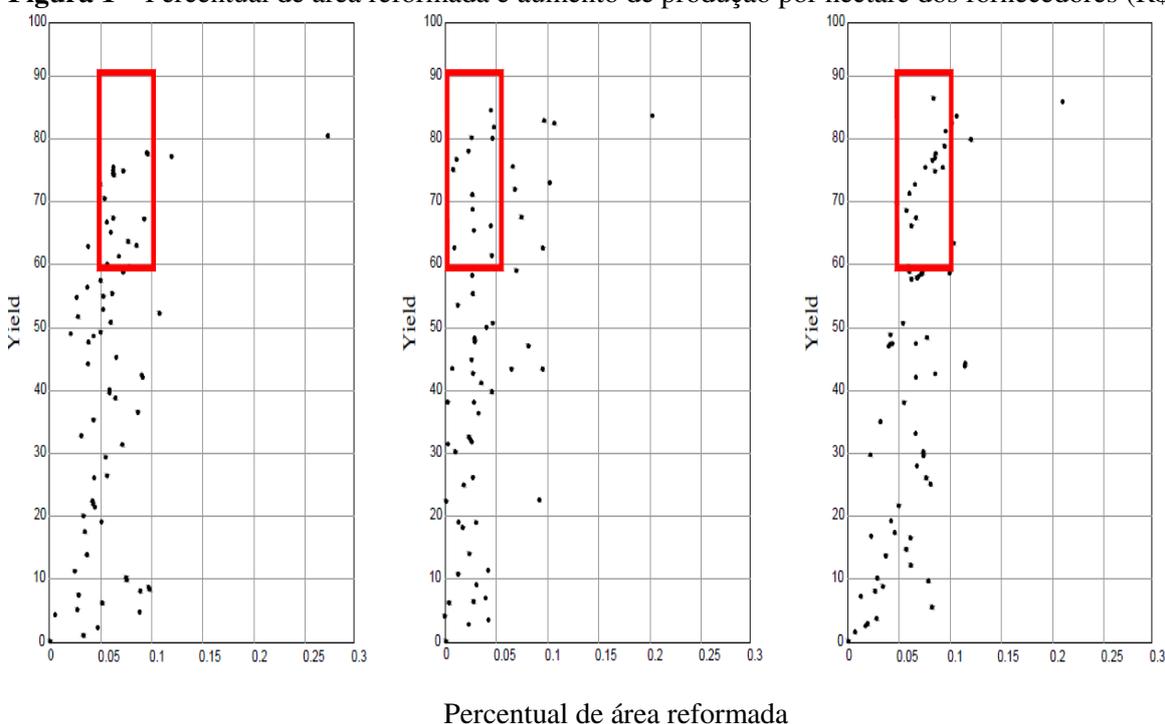


Figura 1a custo mínimo

Figura 1b custo médio

Figura 1c custo máximo

Fonte: Elaborado pelos autores.

O cenário 1c mostra um maior percentual de reforma entre 5% a 10%, 20 extrapolações, atingindo uma produção máxima de 88 (ton./ha.) e o valor desembolsado foi R\$ 8.398,00/ha. Entre 0 a 5% a produção máxima foi 70 (ton./ha.).

Entre todos os cenários, a relação de custo – benefício, sob a ótica de gasto, produtividade e percentual da área de reforma do canavial dos fornecedores, o cenário A é o mais atraente R\$ 68,63, pois seu custo é o menor entre todos, evidenciando o menor número de extrapolações.

A figura 2 mostra o percentual da área reforma e aumento de produção para as usinas. Ademais, o melhor cenário, o A, foi o que se mostrou com o menor custo por produção.

Figura 2-Percentual de área reformada e aumento de produção por hectare das usinas (R\$/ha).

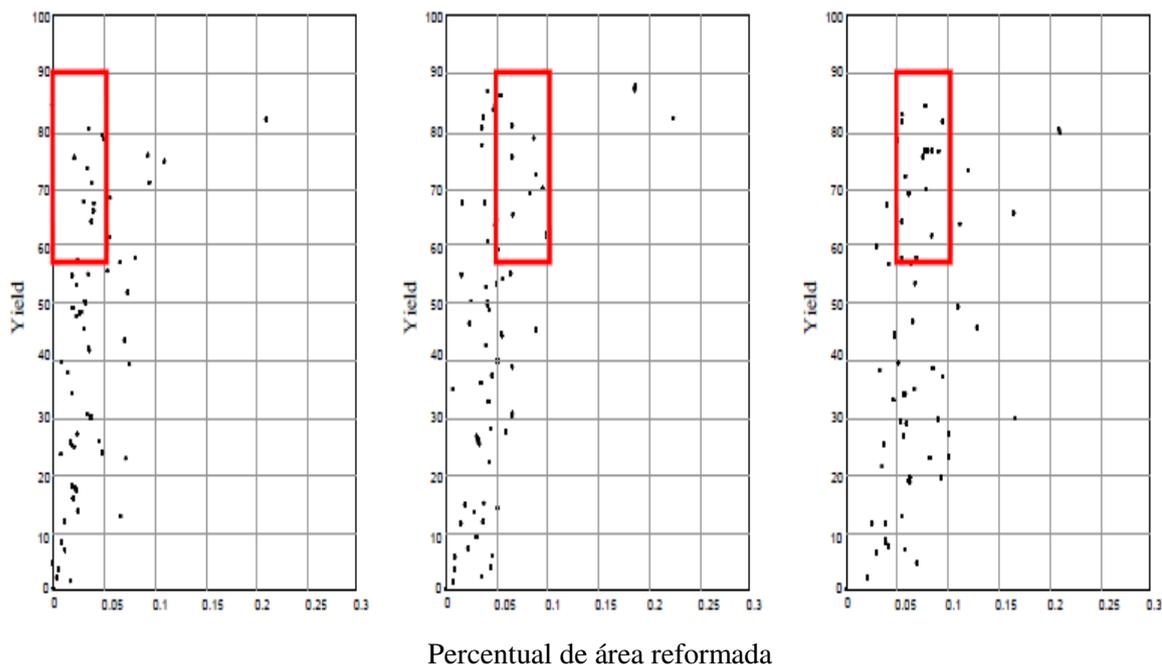


Figura 2a custo mínimo

Figura 2b custo médio

Figura 2c custo máximo

Fonte: Elaborado pelos autores.

O cenário 2a mostra uma maior concentração de reforma entre 0% a 5% 10 observações, podendo obter uma produção máxima de 85 (ton./ha) com o limite da área de reforma em 60 (ton./ha.). Sendo assim, um maior índice de reforma não se mostrou vantajoso para aumentar o custo e obter uma maior produção, desembolsando R\$ 5.250,00/ha para reformar o canavial.

O cenário 2b demonstra uma maior concentração de reforma entre 0 e 5%, 12 observações, obtendo uma produção máxima de 88 (ton./ha). Sendo assim, como no cenário 2a, o cenário 2b, não se mostrou conveniente reformar um maior índice para obter uma produção com o valor desembolsado para reformar de R\$ 6.960,00/ha.

O cenário 2c demonstra um maior percentual de reforma entre 5% a 10%, 13 observações, atingindo uma produção máxima de 85 (ton./ha.) desembolsando de R\$ 8.433,00/ha para reformar. Todavia entre 0 a 5% a produção máxima foi 68 toneladas. Gomes e Bajay (2017) relataram que o fluxo de caixa líquido, para uma produtividade de um canavial com 66 toneladas por hectare foi R\$ 375,00 por hectare, a menor entre todas as simulações de reforma. Portanto, a melhor opção foi a figura 2a.

Entre todos os cenários, a relação de custo – benefício, sob a ótica de gasto, produtividade e percentual da área de reforma do canavial das usinas, o cenário A é o mais atraente R\$ 61,76.

A figura 3 mostra a relação entre custo máximo, médio e mínimo e aumento de produção dos fornecedores e usinas. Os resultados são demonstrados na figura 3a, 3b e 3c.

Figura 3 - Relação entre custo máximo, médio e mínimo e aumento de produção por hectare dos fornecedores e usinas (R\$/ha).

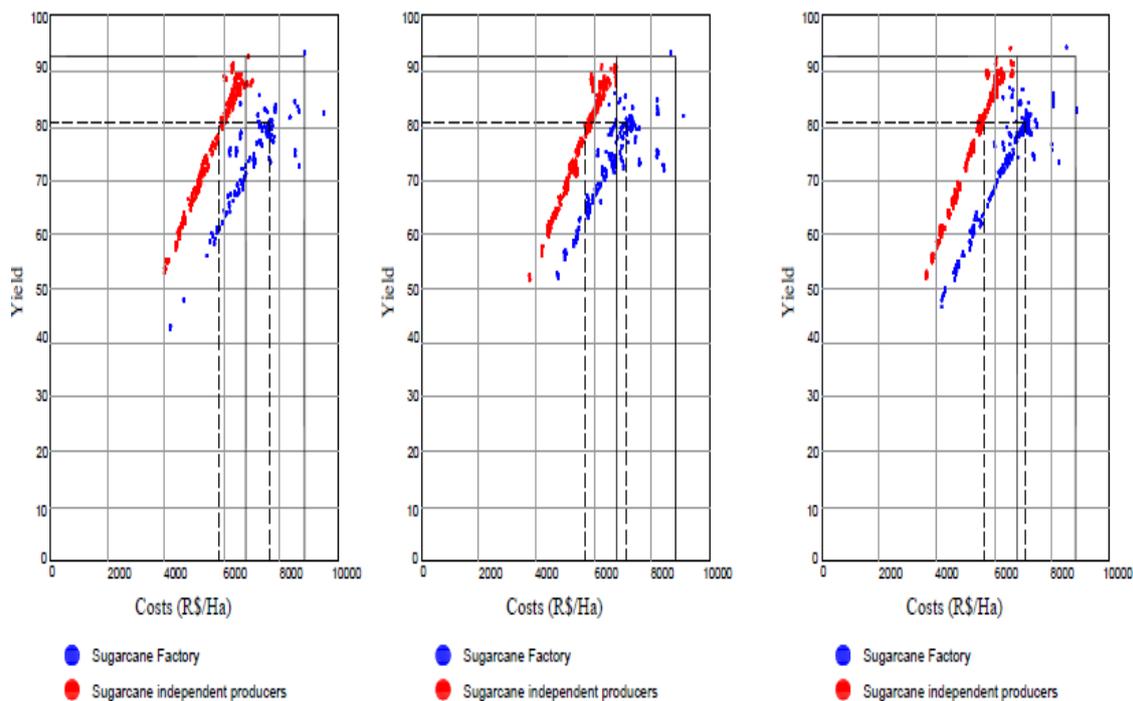


Figura 3a custo máximo

Figura 3b custo médio

Figura 3c custo mínimo

Fonte: Elaborado pelos autores.

O cenário A de custo máximo indica que o preparo do solo e do plantio. O fornecedor para produzir 80 (ton./ha.) necessita desembolsar em torno de R\$ 6.000,00/ha. As usinas para produzirem 80 toneladas o valor desembolsado é R\$ 7.800,00/ha. No entanto, para alcançar 90 toneladas o fornecedor desembolsaria R\$ 7.000,00/ha. Santos et al. (2018) afirmaram que os desembolsos para essa atividade em fornecedores com uma área de até 75 hectares foi R\$ 7.213,00/ha. Os custos das usinas ficaram R\$ 9.000,00 por hectare.

O cenário 3b refere-se ao custo médio de preparo do solo e plantio. Para conseguir uma produção de 80 toneladas o fornecedor tem um custo próximo de R\$ 6.000,00/ha. As usinas desembolsam valores próximos a R\$7.000,00/ha. No entanto, para alcançar 90 toneladas com o custo máximo os valores são similares ao cenário 3a.

O cenário 3c refere-se ao custo mínimo de preparo do solo e plantio. Para conseguir uma produção de 80 toneladas, o fornecedor tem um custo similar aos cenários 3a e 3b. As usinas desembolsariam pouco mais de R\$7.500,00/ha. Contudo, para alcançar 90 toneladas, os valores são similares aos encontrados nos cenários 3a, 3b e 3c.

Figura 4 – Relação de tendência entre custo máximo, médio e mínimo e aumento de produção por hectare dos fornecedores e das usinas (R\$/ha).

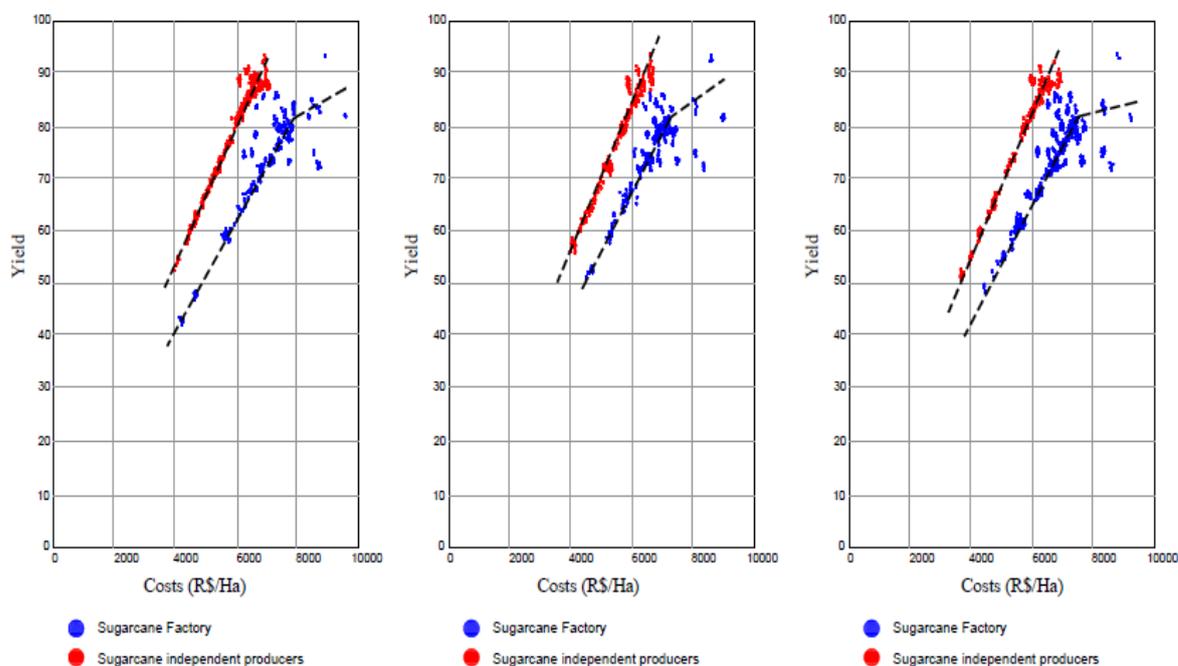


Figura 4a custo máximo

Figura 4b custo médio

Figura 4c custo mínimo

Fonte: Elaborado pelos autores

A projeção demonstra que o cenário A, para os fornecedores se mostrou mais vantajoso entre todos cenários. No entanto, para as usinas o cenário B tem um custo-benefício mais atraente.

A figura 4 mostra o gráfico de tendência para os custos e produtividade, em usinas e fornecedores, representando através da figura 4a, figura 4b e 4c.

Os cenários 4a, 4b e 4c, demonstra que a curva para as usinas se torna mais horizontal a partir de 80 toneladas, mostrando a tendência de aumento de custo acentuado para permitir melhora na produção. Assim, nota-se uma predominância da produção por fornecedor em relação a usinas, destacadas nas linhas tracejadas. Gomes e Bajay (2017) afirmaram que para uma reforma de um canal com 83,5 toneladas, no oitavo corte o produtor desembolsaria R\$ 4.627,87/ha.

O cenário 4a mostra que o fornecedor tem um custo médio de R\$1.800,00/ha, inferior à usina para produção de 80 toneladas. Para produzir 90 toneladas, o custo do fornecedor é em média de R\$ 7.000,0/ha, mas para a usina nesta produtividade a curva demonstra que não tende a alcançar esta produção.

A variação do custo médio entre fornecedor e usina no cenário 4b para uma produção de 80 toneladas é de R\$1.500,00/ha, superior da usina em relação ao fornecedor. Para uma produção de 92 toneladas essa diferença é de R\$ 2.000,00/ha.

O cenário 4c mostra que para uma produção de 80 toneladas, o fornecedor tem um custo em torno de R\$ 5.800,00/ha. Valores próximo a estes foram mencionados por Santos et al. (2018) ao analisar fornecedores com 600 hectares R\$ 5.318,00/ha. Os custos das usinas foram R\$ 7.500,00/ha. Já para uma produção de 90 toneladas o fornecedor desembolsaria em torno de R\$ 7.000,00/ha e as usinas R\$ 9.000,00/ha. Gomes e Bajay (2017) afirmaram que para uma reforma de um canavial com 90,1 toneladas, no oitavo corte o produtor desembolsaria R\$ 5.353,66/ha.

Ademais, as projeções demonstraram que o cenário C é o mais atraente para os fornecedores, sendo que o cenário B, para as usinas é mais vantajoso.

Com o intuito de uma análise que evidenciasse a melhor combinação do preparo do solo e plantio foram realizados dois modelos mono-objetivo, para evidenciar a minimização dos custos Quadro 3, e outro de maximização da receita Quadro 4. Nesse caso, o modelo propõe uma solução única para o problema diferentemente da curva de Pareto, visto anteriormente nas figuras 3 e 4.

Quadro 3 - Distribuição dos sistemas para a minimização dos custos nos cenários de custo máximo, médio e mínimo para usinas e fornecedores.

Tipo de Custo	Sistema de preparo do solo		Sistema de plantio	
	Usina	Fornecedor	Usina	Fornecedor
Máximo	Convencional TF	Convencional TF	MPB TF	MPB TF
Médio	Convencional TF	Convencional TF	MPB TF	MPB TF
Mínimo	Convencional TF	Convencional TF	MPB TF	MPB TF

MPB: Mudanças Pré-brotadas; TF: Taxa fixa; TV: Taxa variável.

Para a minimização dos custos foi observada a predominância do preparo do solo convencional e com o plantio de mudas pré-brotadas com o sistema taxa (TF) tanto para as usinas, quanto para os fornecedores. Farinelli e Santos (2017) afirmaram que este sistema de plantio requer uma escala de produção superior a 107 hectares para ser viável economicamente. A seguir, o quadro 4 demonstra a maximização do lucro.

Quadro 4- Distribuição dos sistemas para a maximização da receita por aumento produção nos cenários de custo máximo, médio e mínimo para usinas e fornecedores por hectare.

Tipo de Custo	Sistema de preparo do solo		Sistema de plantio	
	Usina	Fornecedor	Usina	Fornecedor
Máximo	Localizado TV	Convencional TF	PM TF	PM TF
Médio	Localizado TV	Convencional TV	PM TF	PM TF
Mínimo	Convencional TF	Convencional TF	PM TF	PM TF

PM: Plantio mínimo; TF: Taxa fixa; TV: Taxa variável.

Ao analisar os cenários para a maximização da receita para as usinas o preparo localizado com taxa variável apareceu em duas ocasiões, no custo máximo e médio e o sistema convencional com taxa fixa apareceu uma vez. Este resultado evidenciou predominância em usinas, onde se tem uma escala de produção maior que os fornecedores. Sob outra ótica, Demattê *et al.* (2014) ao afirmar que os custos com (TV) em área menores é maior. Para o plantio foi predominante o sistema mecanizado com taxa fixa. No plantio foi predominante o uso do sistema mecanizado com taxa fixa.

6.5 Conclusões

A amplitude do percentual de área reformada dos fornecedores e das usinas fica entre 5% a 15%. Todavia um maior percentual de reforma não caracteriza uma maior produção de cana-de-açúcar e os fornecedores conseguem uma produção maior com um custo de preparo e plantio inferior as usinas tanto no custo máximo, médio e mínimo.

O sistema de preparo do solo convencional com taxa fixa e o plantio de mudas pré-brotadas proporcionam uma maior receita para as usinas e fornecedores. O sistema de preparo do solo convencional com taxa fixa e o plantio de mudas pré-brotadas proporcionam uma maior receita para as usinas e fornecedores. O sistema de preparo do solo localizado com taxa variável e o sistema convencional com taxa fixa proporcionam um maior lucro para as usinas. O sistema de preparo convencional com taxa fixa e o plantio mecanizado com taxa fixa proporcionam aos fornecedores um maior lucro.

Como sugestão a trabalhos futuros recomenda uma análise comparativa nos mesmos princípios deste artigo, comparando os países com maior representatividade de produção de cana-de-açúcar: Tailândia, Austrália e Índia.

6.6 REFERÊNCIAS

ANDRADE, M. C. Inovações Tecnológicas No Setor Sucroalcooleiro, 2017. Determinantes, Estágio Vigente e Perspectivas no Contexto Brasileiro (2005 - 2014). Revista Brasileira de Gestão e Inovação, 4, (3): 90-106.

BEREZKIN, V. E. LOTOV, A. V, 2014. Comparison of Two Pareto Frontier Approximations. Computational Mathematics and Mathematical Physics, 54, (9): 1402–1410.

BAIO,F.H.R; NEVES,D.C; SOUZA,H.B; LEAL,A.J.F; LEITE.R.C; MOLIN,J.P; SILVA,S.P, 2018. Variable rate spraying application on cotton using an electronic fow controller. Precision Agric,19, (5): 1-17.

CIRANI, C. B. S.; MORAES, M. A. F. D.; PESSOA, L. C.; SILVA, D, 2010. Uma análise de inovação a partir do estudo da adoção e uso de tecnologias da agricultura de precisão na indústria sucroalcooleira paulista. Revista de Administração e Inovação, 7,(4):186-205.

- CONAB. Companhia Nacional de Abastecimento, 2015. Acompanhamento da safra brasileira: cana-de-açúcar, 2. (3). Available in: http://www.conab.gov.br/OlalaCMS/uploads/arquivos/15_12_17_09_03_29_boletim_cana_p_ortugues_-_3o_lev_-_15-16.pdf .[04 mar. 2017].
- COLAÇO, A; MOLIN, J.P. Variable rate fertilization in citrus: a long term study, 2017. *Precision Agric*, 18, (2):169–191
- DEMCZUK, A; PADULA, A. D, 2017. Using system dynamics modeling to evaluate the feasibility of ethanol supply chain in Brazil: The role of sugarcane yield, gasoline prices and sales tax rates. *Biomass and Bioenergy*, 97, (1):186 -211.
- DEMATTE, J, A, M.; DEMATTE, J, L, I.; ALVES, E, R.; BARBOSA, R, N.; MORELLI, 2014. J. Precision agriculture for sugarcane management: a strategy applied for brazilian conditions. *Acta Scientiarum. Agronomy (Online)*, 36, (1): 111-117.
- DORFMAN, R, 1966. Programação linear ou programação matemática (uma exposição não-matemática). *Revista de Administração de Empresas*, 6, (19): 1-41.
- FARINELLI, J. B, M; SANTOS, D. F. L, 2017. Impacto das tecnologias de plantio no fluxo de caixa do produtor canavieiro. *Revista Gestão & Tecnologia*, 17, (3): 146-171.
- FLORENTINO, H. O.; M, E. V.; SARTORI, M. M. P, 2008. Multiobjective optimization of economic balances of sugarcane harvest biomass. *Sci. Agric.*65,(5):561-564
- GOMES, J; BAJAY, M. M, 2017. Economicidade da idade de reforma de canaviais. *Revista iPecege*, 3, (3), 9-22.
- JUNQUEIRA, R. de A. R.; MORABITO, R, 2017. Optimization approaches for sugarcane harvest front programming and scheduling .*Gest. Prod*, 24, (2): 407-422.
- ORPLANA. Organização dos Plantadores de Cana da Região Centro-Sul do Brasil, 2010. Perfil do produtor. Available in: <http://www.orplana.com.br/perfil.html> . [04 set. 2018].
- SANTOS, R.G, 2015. Produtividade na agroindústria brasileira. *Radar IPEA*, 39, (1): 49-57.
- SANTOS, D. F. L.; SOUZA, C. A. F.; FARINELLI, J. B. M.; SILVA, B. L.; HORITA, K, 2018. Análise Econômica da Produção de Cana-de-Açúcar. Em Diferentes Pacotes Tecnológicos. *Revista Estudo & Debate*, 25,(2): 262-283
- SALLES-FILHO S. L. M.; CASTRO, P. F. D.; BIN, A.; EDQUIST, C.; FERRO, A. F. P.; CORDER, S, 2017. Perspectives for the Brazilian bioethanol sector: the innovation driver. *Energy Policy*, 108, (1): 70-77.
- SILVA, C, B.; MORAES, M, A, F, D, 2010. Inovação na indústria sucroalcooleira paulista: os determinantes da adoção das tecnologias de agricultura de precisão. *Rev. Econ. Sociol. Rural*, 48, (4): 543-565.
- RESENDE, M.L.; RICHARDSON, J. W, 2017. Risk analysis of using sweet sorghum for ethanol production in southeastern Brazil. *Biomass and Bioenergy*, 97 (1):100 -107.

SOZINHO, D.W.F.; G.A.L.C.F.; DUARTE, C.G.; RAMOS, H. R.; R, M.S, 2018. Towards strengthening sustainability instruments in the Brazilian sugarcane ethanol sector. *Journal of Cleaner Production*.182. (1): 437-454.

TORQUATO, S, A.; JESUS, K, R, E.; ZORZO, C, R, B, 2015. Inovações no sistema de produção de cana-de-açúcar: uma contribuição do Protocolo ambiental para a região de Piracicaba, Estado de São Paulo. *Informações Econômicas*, 45, (2): 28-37.

UNIÃO DOS PRODUTORES DE BIOENERGIA - UDOP. 2017. Valores de ATR e preço da tonelada da cana-de-açúcar do Estado de São Paulo. Available in: http://www.udop.com.br/cana/tabela_consecana_saopaulo.pdf . [10 mar.2017].

VOLPATO, G. L, 2015. O método lógico para redação científica. *Reciis*, 9, (1):1-14.

WISSMAN, M. A.; SHIKIDA, P. F. A, 2017. Impactos econômicos, ambientais e sociais da agroindústria canavieira no Brasil. *Revista Desenvolvimento, Fronteiras e Cidadania*, 1,(1): 134-160.

7 CONCLUSÕES GERAIS

Uma das contribuições foi caracterizar as operações agrícolas de preparo do solo e de plantio de cana-de-açúcar utilizadas por usinas e fornecedores, a partir da análise de 48 combinações. Esta pesquisa apresentou alternativas de tomada de decisão sobre os sistemas de preparo do solo e plantio de cana-de-açúcar, associadas a melhorias no desempenho econômico de usinas e fornecedores.

Considerando que a análise utilizada abrange as áreas de ciências agrárias, administração e economia e envolveu 31 usinas e 42 fornecedores de cana-de-açúcar do estado de São Paulo, seus resultados têm aplicabilidade empírica para serem utilizados pelos *stakeholders* e para fins de pesquisas futuras, trazendo benefícios tanto acadêmicos quanto gerenciais.

Com base nos objetivos desta pesquisa de analisar os custos das operações agrícolas de preparo do solo e de plantio de cana-de-açúcar e associando esses custos à viabilidade econômica e os riscos financeiros de fornecedores e usinas, conclui-se que:

- Nas operações de preparo do solo, 57% das usinas e 88% dos fornecedores utilizam os sistemas com taxa fixa. Nas operações de plantio da cana-de-açúcar, 74% das usinas e 93% dos fornecedores utilizam os sistemas com taxa fixa. Essa preferência pelos sistemas com taxa fixa está associada a custos menores dos sistemas que utilizam taxa fixa, comparado com os que utilizam taxa variável que ainda apresentam custos elevados para usinas e fornecedores.
- Os fornecedores apresentaram custos 8,3% menores do que as usinas e maior receita por hectare que foi 9,8% superior a essa receita nas usinas.
- Os resultados dos indicadores de viabilidade econômica (VPL e TIR) nos cenários analisados indicaram que o investimento se mostra mais atrativo para as usinas e dessa forma os riscos financeiros são menores para as usinas.
- A primeira hipótese indicando menores custos para usinas e fornecedores que utilizam os sistemas de preparo do solo e de plantio com taxa variável (TV) foi rejeitada dado que o sistema de preparo do solo de menor custo por tonelada de cana-de-açúcar produzida foi o preparo do solo para plantio direto com taxa fixa dos fornecedores.
- O sistema de preparo do solo associado à maior produtividade foi o sistema de preparo convencional com taxa variável dos fornecedores (92,5 ton./ha), mas esse sistema

foi o de maior custo por tonelada de cana-de-açúcar, 68% superior ao preparo do solo para plantio direto com taxa fixa (TF).

- Referente ao tipo de plantio com maior eficiência, o destaque ficou com os fornecedores, no plantio de mudas pré-brotadas com taxa fixa (TF).
- A segunda hipótese foi aceita comprovando que fornecedores de grande escala têm um menor custo no preparo do solo e no plantio comparado aos custos dos fornecedores de pequena escala de produção. Com esse mesmo raciocínio a terceira hipótese foi rejeitada indicando que as usinas de grande escala de produção não apresentam custos menores comparado aos custos dos outros produtores analisados
- Dentre todas as combinações de preparo do solo e plantio, a mais eficiente foi o preparo do solo para plantio direto e o plantio mecanizado das usinas com taxa fixa.
- O plantio de mudas pré-brotadas foi o mais utilizado em produtores de cana-de-açúcar de maior percentual com área de reforma. Todavia este sistema obteve a maior produtividade, 10,5% maior que o melhor resultado obtido nas usinas utilizando o sistema de plantio mecanizado com taxa variável. Entretanto, os resultados indicam que um maior percentual de área reformada não está associado a uma maior produtividade nos cenários de custo analisados.

7.1 Limitações e sugestões de pesquisas futuras

Dentre as principais limitações desta pesquisa destaca-se a ausência de uma compilação detalhada dos custos de preparo de solo e plantio de cana-de-açúcar por um ciclo completo, comparando o tipo de solo; a variedade de cana utilizada; a época de colheita; as características da região produtora e a comparação dos custos das combinações de preparo de solo e de plantio com o tipo de manejo adotados nos tratamentos culturais e o tipo de colheita utilizado.

Outras limitações apontam para a utilização de um método direto de coleta dos dados dos custos de mão-de-obra, de manejo e de insumos, para minimizar o desvio padrão existentes entre as faixas de custos adotadas nesta pesquisa e atendendo à dificuldade na coleta de dados desses custos, em especial nos produtores de pequena e média escala.

Como complemento desta pesquisa e para trabalhos futuros, sugere-se acompanhar e registrar os dados das operações de cada sistema de preparo de solo e de plantio desde o início até a colheita, identificando seus respectivos custos de forma detalhada por um ciclo completo, evitando a utilização de valores extremos.

Também, se sugere para usinas e fornecedores que optem pelo sistema de plantio direto, analisar os índices infestação com pragas e doenças do solo, em especial *Sphenoforus Levis e Migdólus*. Todavia, para usinas e fornecedores detalhar os custos com insumos, dado que estes formam o principal componente dos custos de produção entre os tipos de produtores analisados nesta pesquisa.

8. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS GERAIS

ALBUQUERQUE FILHO, M, R.; PEREIRA FILHO, I.; VIANA, J, H.; ALVARENGA, R, C. **Árvore do conhecimento do milho**: plantio convencional. Campinas: Agência Embrapa de Informação Tecnológica, 2016. Disponível em: http://www.agencia.cnptia.embrapa.br/gestor/milho/arvore/CONTAG01_32_59200523355.html . Acesso em:19 dez. 2016.

AMORIM, F. R.; PATINO, M. O.; LUCENTE, A. R. O dilema de arrendar ou fornecer cana-de-açúcar: uma alternativa para geração de renda nos assentamentos da Reforma Agrária. **Espacios**, Caracas.v.37, nº37, p.29, Mai. 2016.

AMORIM, F. R.; PATINO, M.O.; MARCOMINI, G. R. Sustentabilidade da produção da cana-de-açúcar em usinas do estado de São Paulo. **Rev. Agro. Amb**, v. 11, n. 4, p. 1.133-1.145, out./dez. 2018.

AFONSO, P.F.N.; ESPERANCINI, M.S.T.; GAVA, J.C.; BENDINELLI, W.G. Análise econômica dos sistemas de plantio mecanizados na região de Jaú. **Energ.Agríc.** v. 33, n.3, p.252-257, julho-setembro, 2018.

ANDRÉ, J. A. **Sistemas de preparo de solo para cana-de-açúcar em sucessão com amendoim**. 2009. 29 f. Dissertação (Mestrado em Agronomia) – Universidade Estadual Paulista, Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias, Jaboticabal.

ANDRADE, M. C. Inovações Tecnológicas No Setor Sucroalcooleiro. Determinantes, Estágio Vigente e Perspectivas no Contexto Brasileiro (2005 - 2014). **Revista Brasileira de Gestão e Inovação**, 4, (3): 90-106, 2017.

AQUINO, G.S.; MEDINA,C.C.; COSTA,D.C.; SAHAHAB, M.; SANTIAGO,A.D. Sugarcane straw management and its impact on production and development of ratoons . **Industrial Crops and Products**.v.102, p.58–64. Agost. 2017.

ASSOCIAÇÃO DOS FORNECEDORES DE CANA DE GUARIBA – SOCICANA 2016. **Custo de Produção**. Disponível em: <http://socicana.com.br/custos-de-producao/>. Acesso em: 02 fev. 2017.

BAIO,F.H.R.; NEVES,D.C.; SOUZA,H.B.; LEAL,A.J.F.; LEITE.R.C.; MOLIN,J.P.; SILVA,S.P. Variable rate spraying application on cotton using an electronic fow controller . **Precision Agric.** v.19, p.1-17, mar. 2018

BANCO DO BRASIL. **Classificação do produtor rural**. 2015. Disponível em: <https://central3.to.gov.br/arquivo/180407/> . Acesso em: 23 dez. 2016.

BANCO CENTRAL DO BRASIL. **Histórico das taxas de juros**. 2017. Disponível em: <https://www.bcb.gov.br/Pec/Copom/Port/taxaSelic.asp> . Acesso em: 18/out. 2017.

BALCOMBE, K.; SMITH, L. Refining the user of Monte Carlo techniques for risk, analysis in project planning. **The Journal of Development Studies**, v. 36, n. 2, p. 113-135, 1999.

BARBOSA, V.F.A.M. Plantio. In: SANTOS, F; Borém, A. **Cana-de-açúcar: do plantio à colheita**. Viçosa. MG. Universidade Federal de Viçosa. 2016. p. 29-65

BARROS, F. F.; MILAN, M. QUALIDADE OPERACIONAL DO PLANTIO DE CANA-DE-AÇÚCAR. **Bragantia**, v.69, n.1, p:221-229. Julho. 2010.

BRASIL. Ministério do Trabalho e Emprego. Portaria nº 2.546, de 14 de Dezembro de 2011. Altera a redação da Norma Regulamentadora nº 31. **Diário Oficial da União**, Brasília, DF, 16 dez. 2011. Disponível em: http://www.trtsp.jus.br/geral/tribunal2/ORGaos/MTE/Portaria/P2546_11.html. Acesso em 7 de mar. 2015.

BRASIL. **Superávit de US\$ 81,6 bilhões do agronegócio foi o segundo maior da história**. (2018a). Disponível em: <http://www.agricultura.gov.br/noticias/superavit-de-us-81-86-bilhoes-do-agronegocio-foi-o-segundo-maior-da-historia> . Acesso em 08 mar. 2018.

BERNARDES, M.S. **Modelo bioeconômico para manejo e tomada de decisão em lavoura de cana-de-açúcar**. 2012. Tese (livre Docência em Produção Vegetal) – Escola Superior de Agricultura Luiz De Queiroz, Universidade de São Paulo, Piracicaba, 2011. Disponível em: <http://www.teses.usp.br/teses/disponiveis/livredocencia/11/tde-31072012-094628/es.php> . Acesso em: 30 abril 2018.

BEN-ASHER, J. Z. Development program risk assessment based on utility theory. **Risk Management**, v.10, n. 4, p. 285-299, 2008.

BEREZKIN, V. E. LOTOV, A. V. Comparison of Two Pareto Frontier Approximations. **Computational Mathematics and Mathematical Physics**, 54, (9): 1402–1410, 2014.

BIGATON, A.; DANELON, A. F.; CARVALHO, A.; D'ARAGONE, R. R.; SILVA, H. J. T.; MARQUES, P. V. 2015. Evolução dos preços de insumos e valores de mão-de-obra para produção de cana-de-açúcar na região Centro-Sul Tradicional: safra 2014/15. **Revista iPecege**, v.1, nº2, p.187-197, mar.2015.

BRINKMAN, M. L. J.; CUNHA, M. P.; HEIJNEN, S.; WICKE, B.; GUILHOTO, J. J. M.; WALTER, A.; FAAIJ, A. P. C.; HILST, F. V. D. Interregional assessment of socio-economic effects of sugarcane ethanol production in Brazil. **Renewable and Sustainable Energy Reviews**. v.88, p.347-362, Mai.2018.

BRUCE, R. **Precision agriculture options for the Australian sugarcane industry**. 2007. Technical Report 3/2007. 124 P.

CAMILOTTI, F.; ANDRIOLI, I.; DIAS, F. L. F.; CASAGRANDE, A. A.; SILVA, A. R.; MUTTON, M. A.; CENTURION, J. F. Efeito prolongado de sistemas de preparo do solo com e sem cultivo de soqueira de cana crua em algumas propriedades físicas do solo. **Engenharia Agrícola**, v.25, p.189-198, Jan./abr. 2005.

CARVALHO, L.A.; SILVA-JUNIOR, C.A.; NUNES, W. A. G. A.; MEURER, I.; SOUZA-JÚNIOR, W. S. Produtividade e viabilidade econômica da cana-de-açúcar em diferentes sistemas de preparo do solo no centro-oeste do Brasil. **Revista de Ciências Agrárias**, v.34, nº1, p. 199-211, jan./jun.2011.

CARDOSO, T. F. WATANABE, M. D.B.; SOUZA, A; CHAGAS, M. F; CAVALETT, O.; MORAIS, E.R; NOGUEIRAS, L. A. H.; LEAL, M. L. R.V; BRAUNBECK, O.A.; CORTEZ, L. A. B; BONOMIA, A. A regional approach to determine economic, environmental and social impacts of different sugarcane production systems in Brazil. **Biomass and Bioenergy** 120: 9-20.2019

CAVALLET, O.; JUNQUEIRA, T.S.; DIAS, M.O.S.; JESUS, C.D.F.; MANTELLATO, P.E.; CUNHA, M.P.; FRANCO, H.C.J.; CARDOSO, T.F.; FILHO, R.M.; ROSSEL, C.E.V.; BONOMIA, A. Environmental and economic assessment of sugarcane first generation biorefineries in Brazil. **Clean Techn Environ Policy**. v. 14, nº, p.399–410. Junho.2012.

CIAGRO- Centro integrado de informações agro meteorológicas. 2018. **Dados mensais de chuvas**. Disponível em:
<http://www.ciiagro.sp.gov.br/ciiagroonline/Quadros/QChuvaPeriodo.asp>

CONAB - COMPANHIA NACIONAL DE ABASTECIMENTO. **Acompanhamento da safra brasileira: cana-de-açúcar, terceiro levantamento, safra 2011/2012**. 2011. Brasília, DF: Conab, 2011. Disponível em:

<http://www.conab.gov.br/OlalaCMS/uploads/arquivos/11_12_08_11_00_54_08.pdf. Acesso em: 7 mar. 2015.

_____. **Acompanhamento da safra brasileira: cana-de-açúcar**. 2015. v2. nº3., safra 2015-2016. Brasília, Conab, 2015. Disponível em http://www.conab.gov.br/OlalaCMS/uploads/arquivos/15_12_17_09_03_29_boletim_cana_portugues_-_3o_lev_-_15-16.pdf . Acesso em: 04 mar. 2017.

CNA - CONFEDERAÇÃO DA AGRICULTURA E PECUÁRIA DO BRASIL. **Cana-de-açúcar. Orientações para o setor canavieiro. Ambiental, fundiária e contratos**. 2007. Coletânea Estudos Gleba nº 4. Brasília. Disponível em: https://www.agencia.cnptia.embrapa.br/Repositorio/Cana-de-acucar_orientacoes_para_o_setor_canavieiro_000fipw96tk02wyiv80z4s4733kvhu6q.pdf . Acesso em: 22 dez. 2016.

CONSELHO DOS PRODUTORES DE CANA-DE-AÇÚCAR, AÇÚCAR E ÁLCOOL DO ESTADO DE SÃO PAULO. **Manual de Instruções**, 2006.5ª Edição / CONSECAN-SP, Piracicaba- SP.

COLETI, T. J.; STUPIELO, J. J. Plantio da cana-de-açúcar. In: SEGATO, V. S. -. (Org.). **Atualização em produção de cana-de-açúcar**. Piracicaba: CP 2, 2006. p.139-152

CORTEZ, J. W.; MISSIO, C.B.; BARRETO, A. K.G.; SILVA, M. D. REIS, G. N. Quality of sugarcane mechanized planting. **Engenharia Agrícola**, v.36, nº06,p:1136-1144. Out./dez.2016.

CUSTÓDIO, H. H.; MARTINELLI, P. R. P.; SANTOS, L. S. Controle químico e biológico de *sphenophorus levis vaurie* (coleoptera: curculionidae) na cultura da cana-de-açúcar. **Entomologia mexicana**. v.4, p. 331-337, 2017.

DEMCZUK, A.; PADULA, A. D. Using system dynamics modeling to evaluate the feasibility of ethanol supply chain in Brazil: The role of sugarcane yield, gasoline prices and sales tax rates. **Biomass and Bioenergy**. v. 97, p.186 -211,fev. 2017.

DEMATTÊ, J, A, M; DEMATTÊ, J, L, I; ALVES, E, R.; BARBOSA, R, N; MORELLI, J. Precision agriculture for sugarcane management: a strategy applied for brazilian conditions. **Acta Scientiarum. Agronomy**. 36: 111-117. 2014

DOSKOCIL, R.; LACKO, B. Risk Management and Knowledge Management as critical success factors of sustainability projects. **Sustainability**, v. 10, n. 5, p. 1438-1450, 2018.

FAVA NEVES, M.; CONEJEIRO, M.A. **Estratégias para a cana no Brasil: um negócio classe mundial**. 1 ed. São Paulo Atlas, 2008, 310 p.

FAVA NEVES, M. A preocupante queda de produtividade na cana. Disponível em: <https://www.udop.com.br/index.php?item=noticias&cod=1181218> . Acesso em: 02 ago. 2019

FLEMING, L, K.; WESTFALL, G, D; WIENS, D.W.; BRODAHL, M,C. Evaluating Farmer Defined Management Zone Maps for Variable Rate Fertilizer Application. **Precision Agriculture (online)**. v.2, nº 1, p.2011-2014,2000.

FARINELLI, J. B, M.; SANTOS, D.F. L. Impacto das tecnologias de plantio no fluxo de caixa do produtor canavieiro. **Revista Gestão & Tecnologia**, v. 17, n. 3, p. 146-171, dez. 2017.

FARINA, E.; ZECHIN, M. R.; RODRIGUES, A. P.; BELON, J. G. O.; SOUSA, E. L.; KUTAS, G.; PHILLIPS, L.; CAMARGO, R.; SZWARC, A.; ZILMAR, J. S. 2019. Cenários de desafios no setor Sucroenergético. **Agroanalysis**, 38: 30-36, 2019.

FARINELLI, J. B. M.; SANTOS, D. F. L.; FERNANDES, C.; FERNANDES, M. M. H.; SILVA, M. F. Crop Diversification Strategy to Improve Economic Value in Brazilian Sugarcane Production. **Agronomy Journal**, 110: 1402-1411, 2018.

FLORENTINO, H. de O.; MORENO, E. V.; SARTORI, M. M. Pereira. Multiobjective optimization of economic balances of sugarcane harvest biomass. 2008. *Sci. agric.* 65:561-564

FOOD and AGRICULTURE ORGANIZATION of the UNITED NATIONS –FAO , 2017. **Perspectivas Agrícolas OCDE-FAO: Brasil vai ultrapassar os Estados Unidos como maior produtor de soja até 2026**. Disponível em: <http://www.fao.org/brasil/noticias/detail-events/en/c/992186/>. Acesso em: 25 mar. 2018.

FOSS, N. The classical theory of production and the capabilities view of the firm. **Journal of Economic Studies**, v. 24.nº 5. p 307-323. 1997.

GARCIA, M.S.; VILPOUX, O.F.; CEREDA, M.P. Distributed electricity generation from sugarcane for agricultural irrigation: A case study from the mid west region of Brazil. 2017. **Utilities Policy**. v.50, p.207-210, fev. 2017.

GAZOLA, T.; FILHO, M.L.C.; JUNIOR, N.C. F. Avaliação de mudas pré-brotadas de cana-de-açúcar provenientes de substratos submetidos a adubação química e orgânica. 2017. **Científica**, v.45, nº3, p.300-306, fev. 2017.

GIL, A.C. **Como elaborar projetos de pesquisa**. 4. ed. São Paulo: Atlas, 2009.

GILIO, L.; MORAES, M. A. F. R. Sugarcane industry's socioeconomic impact in São Paulo, Brazil: A spatial dynamic panel approach. **Energy Economics**. v. 58, p. 27–37, Ago.2016.

GITMAN, L. J. **Princípios da administração financeira**. 7 ed. São Paulo: Harbra, 2002.

GVORGY, T. K.; TAKAC, I. Risk Assessment and Examination of Economic Aspects Of Precision Weed Management. **Sustainability** (Basel).v.3, p.1114-1135, Julho.2011.

HERNANDES, T.D.A.; SCARPARE, F.V.; SEABRA, J. E. A. Assessment of impacts on basin stream flow derived from medium-term sugarcane expansion scenarios in Brazil. **Agriculture, Ecosystems and Environment**. v.259, p.11-18, Maio.2018.

HIRAKURI, M. H.; DEBIASI, H.; PROCÓPIO, S. O.; FRANCHINI, J. C.; CASTRO, C. **Sistemas de Produção**: conceitos e definições no contexto agrícola. Londrina, EMBRAPA Soja. v.14. set. 2012.

HIGGNISA, A.J.; MUCHOVA, R.C.; RUDD, A.V.; FORDB, A.W. Optimising harvest date in sugar production: A case study for the moss man mill region in Australia: I. development of operations research model and solution. **Field Crops Research**.v.57, nº2 p.153–162, maio.1998.

HILLSON, D. **Managing risk in projects**. 2. ed. Farnham, UK: Gower Publishing, 2009.

HOFF, S.; GUERINE, I. M. F. M. Os contratos para a cana-de-açúcar e os parâmetros para a precificação em três Municípios Paulistas – 2015. **Revista Espacios**. v.37,nº18, p.1-13. 2016.

INSTITUTO de PESQUISA ECONOMICA APLICADA - IPEA (2006). **O que é desvio padrão**. Disponível em:

http://www.ipea.gov.br/desafios/index.php?option=com_content&view=article&id=2104:catid=28&Itemid=23 Acesso em: 26 mar. 2018.

JOUBERT, F.; PRETORIUS, L. Using Monte Carlo Simulation to create a ranked check list of risks in a portfolio of railway construction projects. **South African Journal of Industrial Engineering**, v. 28, n. 2, p. 133-147, 2017.

JUNIOR, R.A.; De SOUZA, J.L.; ESCOBEDO, J.F.; TEODORO, I.; LYRA, G.B.; NETO, R.A. De A. Cana-de-açúcar com irrigação por gotejamento em dois espaçamentos entrelinhas de plantio. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**. v.18.nº8, p.798-804,fev.2014.

KWAK,Y.H.; INGALL, L.Exploring Monte Carlo Simulation applications for Project management.**IEEE Engineering Management Review**, v. 37, n. 2, p. 83-91, 2009.

LANDELL, M.G. de A.; CAMPANA, M.P.; FIGUEIREDO, P.; XAVIER, M.A.; ANJOS, I.A. dos.; DINARDO-MIRANDA, L.L.; SCARPARI, M.S.; GARCIA, J.C.; BIDÓIA, M.A.P.; SILVA, D.N. da; MENDONÇA, J.R. de; KANTHACK, R.A.D.; CAMPOS, M.F. de.; BRANCALIÃO, S.R.; PETRI, R.H.; MIGUEL P.E.M. **Sistema de multiplicação de cana-de-açúcar com uso de mudas pré-brotadas (MPB), oriundas de gemas individualizadas**. 2012. Ribeirão Preto: Instituto Agrônômico de Campinas, 22p. (IAC. Documentos, 109).

MANOEL, A. A. S.; SANTOS, D. F. L.; MORAES, M. B. C. Determinantes do Endividamento na Indústria Sucroenergética Brasileira: Análise a Partir das Teorias de Estrutura de Capital. **Organizações Rurais & Agroindustriais**, v.18, p.140-153, fev.2016.

MANOEL, A. A. S.; MORAES, M. B. C.; SANTOS, D. F. L.; NEVES, M. F. 2018. Determinants of corporate cash holdings in times of crisis: insights from Brazilian sugarcane industry private firms. *International Food and Agribusiness Management Review* 21: 201-217.

MARIN, F.R.; JONES, J. W. 2014. Process-based simple model for simulating sugarcane growth and production.*Sci. Agric*7: 11-16.

MARTIN, T. N.; STORCK, L.; DOURADO NETO, D. Simulação estocástica da radiação fotossinteticamente ativa e da temperatura do ar por diferentes métodos. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v.42, n. 9, p. 1211-1219, set.2007.

MORAES, E. R.; DOMINGUES, L. A. S.; MEDEIROS, M. H.; PEIXOTO, J. V. M.; LANA, R. M. Q. 2016. Produtividade e características agrônômicas da cana-de-açúcar em diferentes sistemas de preparo do solo. **Revista de Agricultura Neotropical** 3: 27–32, 2016

MENARDI,C. Research frontiers of new institutional economics. **RAUSP Management Journal**.vol. 52, nº 1, January- March 2018, p. 3-10

MENEGATTI, L. A. A.; MOLIN, J. P.; GOES, S. L.; KORNDORFER, G. H.;SOARES, R. A. B.; LIMA, E. A. Benefícios econômicos e agrônômicos da adoção de agricultura de precisão em usinas de açúcar. 2006. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE AGRICULTURA DE PRECISAO, 2, 2006. São Pedro-SP. **Anais...**Piracicaba:Esalq, v.1. p.1-18, 2006. Disponível em: http://www.agriculturadeprecisao.org.br/upimg/publicacoes/pub_beneficios-

economicos-e-agronicos-da-adocao-de-agricultura-de-precisao-em-usinas-de-acucar--28-08-2014.pdf Acesso em 07 mar. 2016.

MENDES,F.M.; DIAS,M.O.S.; FERRAS,A.; MILAGRES, A.M.F.; SANTOS,J.C.; BONOMI, A. Techno-economic impacts of varied compositional profiles of sugarcane experimental hybrids on a bio refinery producing sugar, ethanol and electricity. **Chemical Engineering Research and Design**.v.125,p.72–78, Set.2017.

MOLIN, J, P.; AMARAL, L,RIOS.; COLAÇO,A. F. **Agricultura de Precisão. 2015**. In XXV Jornada de atualização em agricultura de precisão, Piracicaba. 88 p.

MORAES, E. R.; DOMINGUES, L. A. S.; MEDEIROS, M. H.; PEIXOTO, J. V. M.; LANA, R. M. Q. Produtividade e características agrônômicas da cana-de-açúcar em diferentes sistemas de preparo do solo. **Revista de Agricultura Neotropical**, v.3, n.1, p.27–32, jan./mar. 2016.

MORAES, E.R.; BERNARDES, R. F.B.; DOMINGUES, L. A.S.; LANA,R.M.Q. Productivity and agronomic characteristics of sugarcane under different tillage systems. **Scientific Electronic Archives**. v.10, nº1. p.75.99.fev.2017.

MOREIRA, M.G.; BONIZIO, R.C. Análise comparativa dos custos de cana-de-açúcar: produção independente x usina de açúcar e álcool. **Custos e @gronegocio on line**,v. 8, n. 2, Abr/Jun.2012.

MOTTA, R. R.; CALÔBA, G. M. **Análise de investimentos: tomada de decisão em projetos industriais**. São Paulo: Atlas, 2011.

NAENI, L. M.; SHADROKH, S.; SALEHIPOUR, A.A fuzzy approach for the earned value management. **International Journal of Project Management**, v. 29, n. 6, p. 764-772, 2011.

NEUPANE, P.R.; MARASENI, T.N.; KOHL, M. The sugarcane industry in Nepal: Opportunities and challenges. **Environmental Development** 24: 86-98, 2017

NOVACANA . **Sistema de preparo de solo para o cultivo da cana-de-açúcar**. 2013. Disponível em: <https://www.novacana.com/cana/sistemas-preparo-solo-plantio-da-cana/> . Acesso em: 18 dez. 2016.

NAIK,R.; ANNAMALAI,S.J. K. A.; NAIR,N. V.; PRASAD,N. R. Studies on mechanisation of planting of sugarcane bud chip settlings raised in portrays. **Sugar Tech**, vol. 15, nº1, p. 27–35. Mar.2013.

NACHILUK, K.; OLIVEIRA, M, D, M. Cana-de-açúcar: custos nos diferentes sistemas de produção nas regiões do Estado de São Paulo. 2013. **Informações Econômicas**, SP, v. 43, n. 4, jul./ago.

NYKO, D.; VALENTE, M., ARTUR, M., TANAKA, A., RODRIGUES, A. A evolução das tecnologias agrícolas do setor sucroenergético: estagnação passageira ou crise estrutural? 2013. **BNDES Setorial**, v. 37, p. 399-442.

ORPLANA. Organização dos Plantadores de Cana da Região Centro-Sul do Brasil. **Perfil do produtor**. 2010. Disponível em: <http://www.orplana.com.br/perfil.html> . Acesso em 04 set. 2016.

ORELLANO, V.F; SOUZA, A. N.; AZEVEDO, P.F. Elasticidade- preço Demanda por Etanol no Brasil: como renda e preços relativos explicam diferenças entre estados. **RESR**, vol. 51, Nº 4, p. 699-718, Out/Dez 2013.

OLIVEIRA Filho, F, X.; MIRANDA, N, O.; MEDEIROS, J, F.; SILVA, P, C, M.; MESQUITA, F.O.; COSTA, T,K,G. Zona de manejo para preparo de solo na cultura da cana-de-açúcar. **R. Bras. Eng. Agríc. Ambiental**, v.19, n.2, p.186–193. fev.2015.

OLIVEIRA, Cilene de. **Plantio mecanizado de cana-de-açúcar**: aspectos operacionais e econômicos. 2012. 108 p. Dissertação (Mestrado em Máquinas Agrícolas) - Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz, Universidade de São Paulo, Piracicaba, 2012. Disponível em: <http://www.teses.usp.br/teses/disponiveis/11/11148/tde-03122012-111153/pt-br.php> . Acesso em 21 jan. 2017.

OSAKI, M.R.; SELEGHIM JR. P. 2017. Bioethanol and power from integrated second generation biomass: A Monte Carlo Simulation. **Energy Conversion and Management**, 141: 274–284, 2017.

OSAKI, M.R.; ALVES, L. R. A.; LIMA, F, F.; RIBEIRO, R. G.; BARROS, G. S. Risks associated with a double-cropping production system - a case study in southern Brazil. **Sci. Agric**. 76: 130-138, 2019.

PAULILLO, L. F.; MELLO, F. O. T. de. Açúcar: Brasil e Bolívia. In: BATALHA, M. O; SOUZA FILHO, H. M. de (Org.). **Agronegócio no Mercosul**: uma agenda para o desenvolvimento. São Paulo: Atlas, 2009. p. 174-230.

PANG, T.; YANG, Y.; ZHAO, D. Convergence studies on Monte Carlo Methods for pricing mortgage-backed securities. **International Journal of Financial Studies**, v. 3, n. 2, p. 136-150, 2015.

PLATON, V.; CONSTANTINESCU, A. Monte Carlo Method in risk analysis for investment projects. **Procedia Economics and Finance**, v. 15, p. 393-400, 2014.

PAVLU, F.A.; MOLIN, J.P.A. Sampling plan and spatial distribution for site-specific control of *Sphenophorus levis* in sugarcane. **Acta Scientiarum Agronomy**, v.38, n°3, p.279-287.julh./set. 2016.

PECEGE. **Custos de produção de cana-de-açúcar, açúcar, etanol e bioeletricidade no Brasil: Fechamento da safra 2013/2014**. 2014. Piracicaba: Universidade de São Paulo, Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz”, Programa de Educação Continuada em Economia e Gestão de Empresas/Departamento de Economia, Administração e Sociologia.53 p.

PEREIRA, L. L.; TORREZAN, F. H. Colheita mecanizada da cana-de-açúcar. 2006. In: SEGATO, V. S. et al. (Org.). **Atualização em produção de cana-de-açúcar**. Piracicaba: CP 2, 2006. p. 333-344.

PRATES, G. A.; SCHAITZA, E. G. Wood gasification energy micro-generation system in brazil- a monte carlo viability simulation. **Independent Journal of Management & Production** 9: 140-150, 2018.

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. **RESR**, vol. 54, n° 1, p. 147-166, Jan/Mar 2016.

PERES, K.G.; NAKANO, O.; SILVA,A.C; SOUZA,M.O.Atração de Adultos de *Sphenophorus levis* Vaurie (Coleoptera: Curculionidae) a Fragmentos Vegetais em Diferentes Estados de Conservação. **Neotropical Entomology**, v.38. n°6, p.842-846, nov./dez.2009.

PETRINI,M.C.; ROCHA,J.V.; BROWN, J.C.Mismatches between mill-cultivated sugarcane and smallholding farming in Brazil: Environmental and socioeconomic impacts. **Journal of Rural Studies**.v. 50,p.218 -227. fev. 2017.

PUJAR, H.; BANAKAR, P. D.;VINAY, V.N.Revanasid deshvara,v. sugar cane bud chipping machine. **International Journal of Core Engineering & Management**.v.1, ed. esp. p.1-7.2017.

POHLMANN, M. C.; AGUIAR, A. B.; BERTOLUCCI, A, MARTINS, E. (2004). Impacto da especificidade de ativos nos custos de transação, na estrutura de capital e no valor da empresa. **Revista Contabilidade & Finanças**, v.15. p.24-40. Jun. 2004.

REHACEK, P. Risk management standards for project management. **International Journal of Advanced and Applied Sciences**, v. 4, n. 6, p. 1-13, 2017.

RIPOLI, C. C. T.; RIPOLI, C. L. M. **Aspectos operacionais do plantio**. 2010a. In: DINARDO-MIRANDA, L. L.; VASCONCELOS, A. C. M. de; LANDELL, M. G. de A. (Ed.). Cana-de-açúcar. Campinas: IAC, 2010a. p. 509-612.

_____.Evaluation of five sugar cane planters. **Eng. Agríc.** Jaboticabal, v.30, n.6, p.1110-1122. Dez. 2010b.

RODRIGUES,L.;RODRIGUES,L.Economic-financial performance of the Brazilian sugarcane energy industry: An empirical evaluation using financial ratio, cluster and discriminant analysis. **Biomass and Bioenergy**.vol.108, p. 289-296, Jan.2018 .

RODRIGUEZ, A.; ORTEGA, F.; CONCEPCION, R. A method for the evaluation of risk in it projects. *Expert Systems with Applications*, v. 45, March, p. 273-285, 2016.

ROMERA, J.P.R.; BARSANELLI,P.L.; PEREIRA,F.M.V. Expeditious prediction of fiber content in sugar cane: An analytical possibility with LIBS and chemometrics. *Fuel*.v.166, p.473-476, fev. 2016.

RUDORFF, B.F.T.; AGUIAR, D.A.; SILVA, W.F.; SUGAWARA, L.M.; ADAMI, M.; Moreira, M.A. Studies on the rapid expansion of sugarcane for ethanol production in São Paulo State (Brazil) using Landsat Data. *Remote Sensing*. Basel, v.2, n°4, p.1057-1076, abr.2010.

SA, M. A. C; JUNIOR, J. D. G. S; FRANZ, C. A. B; REIN, T.A. Qualidade física do solo e produtividade de cana-de-açúcar com uso de escarificação entre linhas do plantio. **Pes. Agrop. Brasileira**, v.51 n° 9, p. 1610-1622, set. 2016.

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

SANCHES,G.M.; PAULA, M. T. N.; MAGALHÃES, P. S.; DUFT, D. G.; VTTI, A. C.; KOLLN, O.T.; BORGES, B. M. M.; FRANCO, H.C.J. Precision production environments for sugarcane fields. **Sci. Agric**.76: p.10-17, 2019.

SANTOS, D. F. L.; SOUZA, C. A. F.; FARINELLI, J. B. M.; SILVA, B. L.; HORITA, K. 2018. Análise econômica da produção de cana-de-açúcar em diferentes pacotes tecnológicos. *Estudo & Debate* (online) 25: 262-283. (in portuguese, whit abstract in English).

SANTOS, D. F. L.; CARNIO, C. M.; FARINELLI, J. B. M.; FARINELLI, R. Viabilidade econômica e financeira na produção de cana-de-açúcar em pequenas propriedades rurais. *Custos e @gronegocioOnline*, v.12, nº 4, p.222-254, out./dez. 2016.

SANTOS, D. F. L.; BASSO, L. F. C.; KIMURA, H; SOBREIRO, V. A. Eco-innovation in the Brazilian sugar-ethanol industry: a case study. **Brazilian Journal of Science and Technology**, v. 2, nº1, p. 1-15, dez.2015.

SANTOS, D. F. L.; SOUZA, C. A.F.; FARINELLI, J. B. M.; SILVA, B.L.; HORITA, K. Análise econômica da produção de cana-de-açúcar em diferentes pacotes tecnológicos. **Revista Estudo & Debate**, v. 25, n. 2, 2018.

SANTOS, R.G. Produtividade na agroindústria brasileira. **Radar IPEA**, v.39, 49-57, jun. 2015.

SANTOS, C. J, G.; CALÍOPE, T. S.; COELHO, A. C. Teorias da Firma como Fundamento para Formulação de Teorias Contábeis. **REPeC**, v. 9, n. 1, art. 6, p. 101-116, jan./mar.

SANTOS, O, E, G. **Cálculo amostral**. 2016a: calculadora on line. Disponível em: <http://www.publicacoesdeturismo.com.br/calculoamostral/>. Acesso em: 11 maio 2016.

_____. **Cálculo amostra**. 2016b. calculadora on line. Disponível em: <http://www.publicacoesdeturismo.com.br/calculoamostral/>. Acesso em 04 set. 2016.

SANTOS, G. R.; GARCIA, E. A.; SHIKIDA, P. F. A. A crise na produção do etanol e as interfaces com as políticas públicas. **Boletim Radar: tecnologia, produção e comércio exterior**, Ipea/Diset, Brasília, n. 39, p. 27-38, jun. 2015 . Disponível em: <http://ipea.gov.br/radar/temas/agricultura/330-radar-n-39-a-crise-na-producao-do-etanol-e-as-interfaces-com-as-politicas-publicas>. Acesso em: 30 abril 2018.

SANTIAGO, A. D. ROSSETTO, R. Adubação mineral. **Árvore do conhecimento: cana-de-açúcar**. 2016. Campinas: Agência Embrapa de Informação Tecnológica. Disponível em: <http://www.agencia.cnptia.embrapa.br/gestor/cana-de-acucar/arvore/CONTAG01_38_711200516717.html. Aceso em: 31 mar. 2016.

SATO, T.; HIRAO, M. Optimum budget allocation method for projects with critical risks. **International Journal of Project Management**, v. 31, n. 1, p. 126-135, 2013.

SEGATO, V. S.; PEREIRA, L. L. Colheita da cana-de-açúcar: corte manual. In: SEGATO, V. S. et al. (Org.). **Atualização em produção de cana-de-açúcar**. Piracicaba: CP 2, 2006. p. 319-332.

SPETIC, W.; MARQUEZ, P. KOZAK, R. Critical areas and entry points for sustainability – related strategies in the sugarcane – based ethanol industry of Brazil. **Business Strategy and the Environment**, West Sussex, v. 21, p. 370-386, mar.2012.

SILVA, C. B.; MORAES, M,A,F, D. Inovação na indústria sucroalcooleira paulista: os determinantes da adoção das tecnologias de agricultura de precisão. 2010. **Rev. Econ. Sociol. Rural** v. 48, n. 4, p. 543-565, Dez. 2010.

STAB. Sociedade dos Técnicos Açucareiros e Alcooleiros do Brasil. **Incidência e impactos da ferrugem alaranjada unidades raízen**. Sertãozinho, 2013. Disponível em: http://www.stab.org.br/sem_agroind_stab_2013/incidencia_impactos_ferrugem_alaranjada_unidades_raizen.pdf . Acesso em 19 Dez. 2016.

STOLF, R.; BARBOSA, V. Quantidade de muda nos sulcos de plantio da cana-de-açúcar em espaçamentos convencionais e estreitos: (II) fórmulas de controle. 1991. **STAB**, v. 9, n. 4/5, p. 11-15, 1991.

SOCIEDADE NACIONAL DE AGRICULTURA – SNA. Meiosi: **Sistema antigo volta a ser opção para aumentar a produtividade de cana**. 2016. Disponível em: <http://sna.agr.br/meiosi-sistema-antigo-volta-a-ser-opcao-para-aumentar-produtividade-da-cana/> . Acesso em: 21 ago. 2017.

SOLANO, C.S.; PONCIANO,N.J.; AZEVENDO,H.J.; SOUZA,P.M. Factors limiting the implementation of mechanical harvesting of sugarcane in Campos dos Goytacazes, RJ, Brazil. **Rev. Ceres**, v. 64, nº1, p. 040-046, jan/fev.2017.

SOZINHO, D.W.F.; G.A.L.C.F.; DUARTE, C.G.; RAMOS, H. R; R, M.S. Towards strengthening sustainability instruments in the Brazilian sugarcane ethanol sector. **Journal of Cleaner Production**.v.82. p.437-454.mai.2018.

TADDESE, F. Application of TQM for innovation: an exploratory research of Japanese, Indian and Thailand companies. **International Journal of Innovation and Technology Management**, v.14, n. 4, p. 1-20, 2017.

TAVARES, O. C. H.; LIMA, E; ZONTA, E. Crescimento e produtividade da cana planta cultivada em diferentes sistemas de preparo do solo e de colheita. **Acta Scientiarum Agronomy**, v. 32. 2010. p.61-68.

TEREJANU, A. G. **Tutorial on Monte Carlo techniques**. Department of Computer Science and Engineering, University of Buffalo, New York, 2002.

TREVIZOLI, M. R.; NEVES, M. F. Gestão da inovação em empresas da indústria sucroenergética. 2015. **Revista de Administração da Fatea**, v.10, nº10, p. 6-21. 2015.

TIGRE, B.P. Paradigmas Tecnológicos e Teorias Econômicas da Firma. **Revista Brasileira de Inovação** v.4, N. 1, p.187-223Jan./ Jun. 2005

TOMAZ, H, V, Q. **Sistema de preparo de solo profundo e sua influencia no desenvolvimento da cana-de-açúcar**. 133 p.Tese (Doutorado em ciências) 2013. Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz, Universidade de São Paulo, Piracicaba, 2013. Disponível em: <http://www.teses.usp.br/teses/disponiveis/11/11136/tde-05022014-093232/pt-br.php> . Acesso em: 21 Dez. 2016.

TORQUATO, S, A.; JESUS, K, R, E.; ZORZO, C, R, B. Inovações no sistema de produção de cana-de-açúcar: uma contribuição do Protocolo ambiental para a região de Piracicaba, Estado de São Paulo. **Informações Econômicas**, v. 45, n. 2, mar./abr. 2015.

TROMBETA, N. C.; CAIXETA FILHO, J.V. Potencial e Disponibilidade de Biomassa de Cana-de-açúcar na Região Centro-Sul do Brasil: indicadores agroindustriais. **RESR**, vol. 55, Nº 03, p. 479-496, Jul./Set. 2017.

TU, M. An exploratory study of Internet of Things (IoT) adoption intention in logistics and Supply Chain Management: a mixed research approach. **International Journal of Logistics Management**, v. 29, n. 1, p. 131-151, 2018.

UNICA - União da Indústria de cana-de-açúcar. 2015. **Moagem de cana-de-açúcar e produção de açúcar e etanol – safra 2014-2015**. Disponível em: <http://www.unicadata.com.br/historico-de-producao-e-moagem.php?idMn=32&tipoHistorico=4&acao=visualizar&idTabela=1617&safra=2014%2F2015&estado=SP> . Acesso em: 11 maio 2016.

_____. 2016. **Área colhida com cana-de-açúcar, 2015-2015**. Disponível em: <http://www.unicadata.com.br/historico-de-area-ibge.php?idMn=33&tipoHistorico=5&acao=visualizar&idTabela=1613&produto=%C3%81re>

a+colhida&anoIni=2015&anoFim=2015&estado=RS%2CSC%2CPR%2CSP%2CRJ%2CMG%2CES%2CMS%2CMT%2CGO%2CDF%2CBA%2CSE%2CAL%2CPE%2CPB%2CRN%2CCE%2CPI%2CMA%2CTO%2CPA%2CAP%2CRO%2CAM%2CAC%2CRR . Acesso em: 9 abr. 2016.

_____. 2017. **Estimativa de safra 2017/2018**. Disponível em: <http://www.unicadata.com.br/listagem.php?idMn=81> . Acesso em: 25 mar. 2018.

_____. 2018. **Moagem de cana-de-açúcar e produção de açúcar e etanol safra 2017/2018**. Disponível em: <http://www.unicadata.com.br/historico-de-producao-e-moagem.php?idMn=32&tipoHistorico=4&acao=visualizar&idTabela=1984&safra=2017%2F2018&estado=RS%2CSC%2CPR%2CSP%2CRJ%2CMG%2CES%2CMS%2CMT%2CGO%2CDF%2CBA%2CSE%2CAL%2CPE%2CPB%2CRN%2CCE%2CPI%2CMA%2CTO%2CPA%2CAP%2CRO%2CAM%2CAC%2CRR> . Acesso em: 10 abril 2019.

UNIÃO DOS PRODUTORES DE BIOENERGIA.UDOP. 2015. **Consumo de mudas é 40% maior no plantio mecanizado de cana, destaca pesquisa**. Disponível em: <<http://www.udop.com.br/index.php?item=noticias&cod=112774>. Acesso em: 3 abr. 2016.

_____. 2016. **Histórico do Açúcar Cristal**. Disponível em: http://www.udop.com.br/index.php?item=acucar_historico&op=1 . Acesso em 10 mar. 2016.

_____. 2017. **Valores de ATR e preço da tonelada da cana-de-açúcar do Estado de São Paulo**. UDOP. 2017. Disponível em: http://www.udop.com.br/cana/tabela_consecana_saopaulo.pdf . Acesso em: 10 mar.2016.

VIAN, C.E.F. **Agroindústria Canavieira**: Estratégias competitivas e modernização. Campinas, SP: Editora átomo, 2003. 216p.

VOLPATO, G. L. O método lógico para redação científica. **Reciis**, v^o9, n^o1, p.1-14.jan./mar. 2015.

XAVIER, M. A. **Viveiros de mudas de cana-de-açúcar**. 2014. Curso Tópico da Cultura de Cana IAC. Ribeirão Preto: Instituto Agronômico de Campinas, 2012. 25 p. (IAC. Documentos Aula 10) Disponível em: http://www.infobibos.com/cursocana/alunos/aulas/Aula10/AULA_10_2014.pdf . Acesso em: 21 Ago. 2017.

WRIGHT, P.; KROLL, M, J.; PARNELL, J. **Administração Estratégica**: conceitos. São Paulo: Atlas, 2000.

ZACARIAS, R.; SANTOS, F.L.; JESUS, V.A.M. Custos operacionais do plantio mecanizado e semi-mecanizado de cana-de-açúcar. **Engenharia na Agricultura**, v.19 n°2, mar./abr. 2011.

ZILIO, L.B.; LIMA, R.A.S. Atratividade de Canaviais Paulistas Sob a Ótica da Teoria das Opções Reais. **RESR**, vol. 53, n° 03, p. 377-394, Jul/Set 2015.

ZORZO, Catiana, R. **Caracterização e desenvolvimento de indicadores de sustentabilidade para os sistemas de produção de cana-de-açúcar na região Centro-Sul do Brasil**. 2015. Tese (Doutorado em Biotecnologia) – Universidade Federal de São Carlos, São Carlos, 2015. Disponível em:
<https://repositorio.ufscar.br/bitstream/handle/ufscar/7701/TeseCRBZ.pdf?sequence=1&isAllowed=1>

ZWIKAEL, O.; PATHAK, R. D.; SINGH, G.; AHMED, S. The moderating effect of risk on the relationship between planning and success. **International Journal of Project Management**, v, 32, n. 3, p. 435-441, 2014



APÊNDICE A – QUESTIONÁRIO DE PESQUISA

**UNIVERSIDADE ESTADUAL DE CAMPINAS
FACULDADE DE ENGENHARIA AGRICOLA**

Endereço profissional: Universidade Estadual de Campinas, Faculdade de Agronomia,
Avenida Cândido Rondon, Cidade Universitária - Campinas SP
13083 - 875 SP - Brasil Telefone: 19 3521-1027

Endereço eletrônico pesquisador: fernando.amorim@feagri.unicamp.br

Doutorando: Engenharia Agrícola, Faculdade de Engenharia Agrícola FEAGRI.

Linha: Gestão de Sistemas na Agricultura

Título: MODELO DE ANÁLISE DA EFICIÊNCIA DOS SISTEMAS DE PREPARO DO SOLO E PLANTIO DE CANA-DE-AÇÚCAR

Orientador: Prof. Marco Túlio Ospina Patino

Coorientador: David Ferreira Lopes Santos

Prezado (a) senhor(a),

Gostaria de contar com a sua colaboração para preencher este questionário, elaborado e formulado por um doutorando da Faculdade de Engenharia Agrícola (FEAGRI) da UNICAMP. A pesquisa **MODELO DE ANÁLISE DA EFICIÊNCIA DOS SISTEMAS DE PREPARO DO SOLO E PLANTIO DE CANA-DE-AÇÚCAR**

Todas as informações contidas serão mantidas em absoluto sigilo. Sua sinceridade, atenção e compromisso ao responder este questionário contribuirão para a realização e sucesso desta pesquisa.

A **UNICAMP** agradece sua colaboração.

1. CARACTERIZAÇÃO DA USINA, DESTILARIA E/ OU PROPRIEDADE

Qual foi a produção e/ou a moagem com cana na safra passada em ha ()

Qual foi a área de reforma em ha nesta safra em áreas próprias e/ou arrendada ()

2. Utiliza qual sistema de aplicação de fertilizantes, corretivos e defensivos no preparo do solo? Qual percentual no sistema de taxa fixa e/ou taxa variável nesta do preparo do solo da última safra?

() Preparo convencional: Taxa fixa () Taxa variável (); Percentual.....%

() Preparo localizado: Taxa fixa () Taxa variável (); Percentual.....%

() Preparo mínimo: Taxa fixa () Taxa variável (); Percentual.....%

() Preparo para plantio direto: Taxa fixa () Taxa variável (); Percentual.....%

3. Qual foi o custo por hectare, (em R\$), para o preparo do solo: (mecanização: aplicação de calcário e gesso, terraceador, gradagem, subsolagem, aração, estrutura de apoio) da última safra?

Preparo convencional: Taxa fixa () Taxa variável ()

() entre 600-799 () 800-999 () 1.000 - 1.199 () 1.200 - 1.399 () entre 1.400- 1.599

() Preparo localizado: Taxa fixa () Taxa variável ()

() entre 600-799 () 800-999 () 1.000 - 1.199 () 1.200 - 1.399 () entre 1.400- 1.599

() Preparo mínimo: Taxa fixa () Taxa variável ()

() entre 600-799 () 800-999 () 1.000 - 1.199 () 1.200 - 1.399 () entre 1.400- 1.599

() Preparo para plantio direto: Taxa fixa () Taxa variável ()

() entre 600-799 () 800-999 () 1.000 - 1.199 () 1.200 - 1.399 () entre 1.400- 1.599

4. Qual foi o custo por hectare, (em R\$), para o preparo do solo: (insumos, herbicida, calcário, gesso, fosfatagem) da última safra?

Preparo convencional: Taxa fixa () Taxa variável ()

() entre 200- 299 () 300 - 399 () 400 - 499 () 500 - 599 () entre 600 - 699

() Preparo localizado: Taxa fixa () Taxa variável ()

() entre 200- 299 () 300 - 399 () 400 - 499 () 500 - 599 () entre 600 - 699

<p><input type="checkbox"/> Preparo mínimo: Taxa fixa () Taxa variável ()</p> <p><input type="checkbox"/> entre 200- 299 () 300 - 399 () 400 - 499 () 500 - 599 () entre 600 - 699</p> <p><input type="checkbox"/> Preparo para plantio direto: Taxa fixa () Taxa variável ()</p> <p><input type="checkbox"/> entre 200- 299 () 300 - 399 () 400 - 499 () 500 - 599 () entre 600 - 699</p>
<p>5. Qual foi o custo por hectare, (em R\$), com mão de obra para o preparo do solo (operadores, motoristas, hora/homem amostragem de solo, supervisores, líderes, auxiliar de topografia, da última safra?</p> <p>Preparo convencional: Taxa fixa () Taxa variável ()</p> <p><input type="checkbox"/> entre 50-99 () 100-199 () 200-299 () 300-399 () entre 400- 499</p> <p><input type="checkbox"/> Preparo localizado: Taxa fixa () Taxa variável ()</p> <p><input type="checkbox"/> entre 50-99 () 100-199 () 200-299 () 300-399 () entre 400- 499</p> <p><input type="checkbox"/> Preparo mínimo: Taxa fixa () Taxa variável ()</p> <p><input type="checkbox"/> entre 50-99 () 100-199 () 200-299 () 300-399 () entre 400- 499</p> <p><input type="checkbox"/> Preparo para plantio direto: Taxa fixa () Taxa variável ()</p> <p><input type="checkbox"/> entre 50-99 () 100-199 () 200-299 () 300-399 () entre 400- 499</p>
<p>6. Utiliza qual sistema de aplicação de fertilizantes, corretivos e distribuição de toletes no plantio? Qual percentual no sistema de taxa fixa e/ou taxa variável nesta do plantio da última safra?</p> <p><input type="checkbox"/> semi mecanizado: Taxa fixa () Taxa variável (); Percentual.....%</p> <p><input type="checkbox"/> mecanizado: Taxa fixa () Taxa variável (); Percentual.....%</p> <p><input type="checkbox"/> mudas pré brotadas: Taxa fixa () Taxa variável (); Percentual.....%</p>
<p>7. Qual foi o custo por hectare, (em R\$), com mão de obra para o plantio de cana-de-açúcar (operadores, tratorista, motorista, serviços gerais), da última safra?</p> <p><input type="checkbox"/> semi mecanizado:</p> <p><input type="checkbox"/> entre 200 - 299 () 300- 399 () 400- 499 () 500-599 () entre 600 - 699</p> <p><input type="checkbox"/> mecanizado</p> <p><input type="checkbox"/> entre 200 - 299 () 300- 399 () 400- 499 () 500-599 () entre 600 - 699</p> <p><input type="checkbox"/> mudas pré brotadas</p> <p><input type="checkbox"/> entre 200 - 299 () 300- 399 () 400- 499 () 500-599 () entre 600 - 699</p>
<p>8. Qual foi o custo por hectare, (em R\$) para o plantio: (mecanização sulcação, cobrição, corte de muda, transporte ,aplicação de herbicida, estrutura de apoio manual e transporte mão de obra) da última safra?</p> <p><input type="checkbox"/> semi mecanizado</p> <p><input type="checkbox"/> entre 1.100-1.299 () 1.300-1.499 () 1.500-1.699 () 1.700-1.999 () entre 2.000-2.299</p>

mecanizado

entre 1.100-1.299 1.300-1.499 1.500-1.699 1.700-1.999 entre 2.000-2.299

mudas pré brotadas

entre 1.100-1.299 1.300-1.499 1.500-1.699 1.700-1.999 entre 2.000-2.299

9. Qual foi o custo por hectare, (em R\$) para o plantio: (insumos: mudas, fertilizantes, defensivos,) da última safra?

semi mecanizado

entre 3.100 - 3.299 3.300-3.499 3.500-3.699 3.700- 3.999 entre 4.000 - 4.299

mecanizado

entre 3.100 - 3.299 3.300-3.499 3.500-3.699 3.700- 3.999 entre 4.000 - 4.299

mudas pré brotadas

entre 3.100 - 3.299 3.300-3.499 3.500-3.699 3.700- 3.999 entre 4.000 - 4.299

10. Qual foi a produção, em toneladas por hectare, da última safra?

entre 60- 69 70-79 80-89 90-99 entre 100 -109

APÊNDICE B - PARECER CONSUBSTANCIADO DO CEP

DADOS DO PROJETO DE PESQUISA

Título da Pesquisa: Caracterização do sistema agrícola das usinas e destilarias de cana-de-açúcar do estado de São Paulo nos aspectos econômicos, sociais e ambientais: modelagem para competitividade **Pesquisador:** Fernando Rodrigues de Amorim **Área Temática:**

Versão: 4

CAAE: 58212716.0.0000.5404

Instituição Proponente: Faculdade de Engenharia Agrícola

Patrocinador Principal: Faculdade de Engenharia Agrícola
Financiamento Próprio

DADOS DO

PARECER Número

do Parecer: 1.885.220

Apresentação do Projeto:

Introdução:

O Brasil é um país que se destaca na produção de cana-de-açúcar por apresentar bons rendimentos agrícolas e eficiência industrial considerável, se comparado a outros países e outras culturas que também servem para a produção de álcool, como: o milho e a beterraba. Desse modo, a cana-de-açúcar é um grande aliado do setor do agronegócio brasileiro, por meio da produção de etanol e açúcar, tanto para consumo interno como para exportação, contribuindo, assim, para o desenvolvimento do país de maneira a elevar o superávit da balança comercial.

Entretanto, o setor vem passando por grandes dificuldades econômicas, pois somente em 2015, foram 13 usinas no Brasil que entraram com pedido de concordata e falência, totalizando 85 usinas, 23,8%, das 357 de todas as usinas e destilarias ativas no Brasil (NOVA CANA, 2016a). Este fato é em decorrência ao alto endividamento do setor em 2015, que ultrapassou 95 bilhões, valor este, maior que a receita obtida no setor (TREVISOLI e NEVES, 2015).

Além destes problemas, esta ocorrendo queda de produtividade: decorrente do clima e falta de investimento na renovação dos canaviais, elevando a idade média dos mesmos, impactando em baixa produtividade (TREVISOLI e NEVES, 2015). A produção da safra 2014-2015 foi de 571.344

milhões, queda de 4,31% em relação à safra anterior, com uma média de produção por hectare de 74 toneladas por hectare, queda de aproximadamente 5% em relação à safra passada (UNICA, 2015b). Além disso, o setor sucroenergético vem passando por vários problemas, em especial econômico, pois parte do custo de produção de açúcar e etanol está concentrado

Endereço:	Rua Tessália Vieira de Camargo, 126		
Bairro:	Barão Geraldo	CEP:	13.083-887
UF:	SP	Município:	CAMPINAS
Telefone:	(19)3521-8936	Fax:	(19)3521-7187
		E-mail:	cep@fcm.unicamp.br

na parte agrícola, em especial no custo dos insumos (fertilizantes), que representam em torno de 40% do custo total. Além disso, várias pesquisas apontam que a produção de cana-de-açúcar nos últimos anos encontra-se em declínio. Um dos fatores que corroborou para o aumento do custo da produção de cana foi à mudança na forma de plantio, antes, semi-mecanizado, agora, mecanizado. Diante disso, acredita-se que após analisar os diversos sistemas no plantio e nos tratos culturais da cana-de-açúcar, o sistema de *Variable Rate Technology*, taxa variável (TV), seja uma excelente estratégia de gestão agrícola para o setor sucroenergético em termos econômicos e ambientais, porém com restrições sociais. Essa problemática enseja um cenário para a estruturação de uma hipótese relacionada às alternativas de sistemas de produção agrícola da cana-de-açúcar. Além da redução de custos com a adoção do sistema de taxa variável no setor agrícola, as empresas conseguiriam diminuir a quantidade por unidade de energia (gCO₂/MJ) podendo contribuir para as empresas conseguirem a certificação, além de reduzir impacto ambiental. Segundo Swinton e Lowenberg-De Boer (1998); Khanna et al. (1999; Lowenberg – Deboer, (2000); Menegatti et al. (2006) e Dematte et al. (2014), uma das estratégias que o setor pode adotar para reduzir custos e melhorar a rentabilidade em algumas culturas de alto valor agregado é a adoção do sistema de taxa variável.

Entretanto, no quesito social, o setor tem mostrado que a execução do corte da cana-de-açúcar de forma manual acarreta vários acidentes de trabalhos e até algumas mortes, pela condição escaldante do trabalho e adoção de posturas incorretas, realização de movimentos corporais bruscos e repetitivos e intenso esforço físico. Alves (2006), Rocha e Marziale (2011) e Baccarin (2008). Contudo, com a mecanização da colheita e do plantio, outras variáveis são contestáveis, sendo uma delas a ocupação dos trabalhadores que executavam essas tarefas. A parte ambiental do setor é um dilema, pois vários trabalhos demonstram que as agroindústrias do setor sucroenergético apresentam inúmeros riscos em relação aos impactos ambientais. Esses impactos são ocasionados na fase agrícola e na fase industrial LANGOWSKI (2007); OLIVEIRA (2009) e PIACENTE (2005).

Na fase agrícola destacam-se: I redução da biodiversidade causada pelo desmatamento e pela implantação da cultura da cana; II contaminação das águas superficiais e do solo através da prática excessiva de adubos, corretivos minerais; III Erosão do solo em áreas de renovação de lavoura; IV eliminação de fuligem e gases de efeito estufa na queima durante o período de colheita. Portanto, a problemática desta pesquisa surge da necessidade de realizar estudos que possam propor um sistema sustentável (econômico, social e ambiental), identificando e comparando os sistemas utilizados no setor agrícola das usinas de cana-de-açúcar do estado de São Paulo. Diante do exposto, emerge a problemática desta pesquisa, apontando a necessidade de realizar estudos que possam contribuir para a melhoria da gestão agrícola do setor sucroenergético, analisando os impactos estratégicos que a automação possibilitou a este setor nos últimos anos.

Ademais este trabalho terá como principal contribuição identificar e comparar a otimização dos sistemas utilizados no setor agrícola das usinas de cana-de-açúcar do estado de São Paulo. A problemática desta pesquisa surge da necessidade de realizar estudos que possam contribuir para a melhoria da gestão agrícola do setor sucroenergético, analisando os impactos estratégicos que a automação possibilitou a este setor nos últimos anos. Diante disso, acredita-se que após analisar os diversos sistemas no plantio e nos tratos culturais da cana-de-açúcar, a (TV), possa ser uma excelente estratégia de gestão agrícola para o setor sucroenergético em termos econômicos e ambientais, porém com restrições sociais.

Hipótese:

Endereço:	Rua Tessália Vieira de Camargo, 126		
Bairro:	Barão Geraldo	CEP:	13.083-887
UF:	SP	Município:	CAMPINAS
Telefone:	(19)3521-8936	Fax:	(19)3521-7187
		E-mail:	cep@fcm.unicamp.br

O sistema de Taxa Variável gera menor impacto ambiental (menor consumo de combustível, menor quantidade de fertilizantes por hectare, menor utilização de toletes e/ou mudas por hectare) e proporciona uma melhor uniformidade na distribuição de muda por hectare, quando comparado ao sistema fixo por média e/ou por área total, além das externalidades negativas sociais conduzidas pelo avanço da mecanização e da automação.

Metodologia Proposta:

$$\text{MODELAGEM} = (\text{CARACTERIZAÇÃO} + \text{ECONOMICO} + \text{SOCIAL} + \text{AMBIENTAL}) / 4$$

Objetivo da Pesquisa:

Objetivo Primário:

Tem-se como objetivo analisar a estratégia de gestão agrícola do setor sucroenergético e quais os impactos que a automação e a mecanização exerceram sobre a cultura organizacional das usinas do estado de São Paulo, correlacionando a sua interferência existente no âmbito: ambiental, social e econômico.

Objetivo Secundário:

- I) Mensurar o grau de adoção do sistema de taxa variável no plantio e manejo da cultura da cana em usinas de cana-de-açúcar e a origem do seu capital financeiro;
- II) Analisar os aspectos sociais dos funcionários das usinas e destilarias, confrontando com o avanço da mecanização;
- III) Identificar se as usinas que utilizam o sistema de taxa variável ocorre menor impacto ambiental proporcionado por utilizar menos combustível, menos toneladas de cana para o plantio, menos fertilizantes por hectare e uma uniformidade no plantio;
- IV) Comprovar que apenas uma pequena parte das usinas e destilarias está respeitando os aspectos ambientais.

Avaliação dos Riscos e Benefícios:

Riscos:

Você não deve participar deste estudo se:

“Não há riscos previsíveis nesta pesquisa.”. O desenvolvimento deste projeto pode acarretar riscos como desconforto durante as entrevistas que serão realizadas, que pode ser agravado pela insegurança de exposição da identidade dos participantes. Para minimização dos riscos descritos, a desistência de participação no projeto pode ocorrer a qualquer momento, por sua simples manifestação em relação ao desconforto das atividades de entrevista.

Você terá completa proteção da identidade, que em nenhum momento da exposição dos dados será revelada. A sua desistência de participação no projeto pode ocorrer a qualquer momento, por sua simples manifestação em relação ao desconforto das atividades de entrevista.

Benefícios:

Endereço:	Rua Tessália Vieira de Camargo, 126		
Bairro:	Barão Geraldo	CEP:	13.083-887
UF:	SP	Município:	CAMPINAS
Telefone:	(19)3521-8936	Fax:	(19)3521-7187
		E-mail:	cep@fcm.unicamp.br

Não haverá benefícios direto, com isto, o participante poderá decidir se participa, ou não da entrevista. O benefício será coletivo.

A compreensão dessas estratégias de produção de cana-de-açúcar trará informações relevantes sobre o perfil da capacidade econômica e produtiva destas empresas, além de seus reflexos nos desempenhos de tomada de decisão.

Comentários e Considerações sobre a Pesquisa:

Este protocolo se refere ao Projeto de Pesquisa intitulado “Caracterização do sistema agrícola das usinas e destilarias de cana-de-açúcar do estado de São Paulo nos aspectos econômicos, sociais e ambientais: modelagem para competitividade”, conduzido por Fernando Rodrigues de Amorim, sob orientação do Prof. Dr. MARCO TULIO OSPINA PATINO. A pesquisa se enquadra nas Áreas de Conhecimento: Grande Área 5. Ciências Agrárias. Segundo as Informações Básicas do Projeto, a pesquisa tem orçamento estimado em R\$ 7,804,00 (sete mil, oitocentos e quatro reais), com financiamento da UNICAMP (instituição principal) e da FEAGRI (instituição secundária), com posterior solicitação de recursos a FAPESP. O cronograma apresentado contempla a realização de entrevistas de 01/02/2017 a 30/07/2017. O método de análise de dados se dará pela “...interpretação e análise das relações entre as variáveis de cada um desses agrupamentos serão consideradas o período de 2014 a 2015, realizadas por meio de Análise Multivariada. ...Os principais métodos estatísticos utilizados para a realização da análise multivariada são: - Análise de agrupamento (ou análise de cluster); - Análise de componentes principais; Análise de fatores; - Análise de correspondência;- Análise discriminante. A opção pela utilização da Análise Multivariada como método da abordagem quantitativa deve-se, conforme relata Ferraudo (2014), ao fato que os métodos multivariados tornam possível levantar questões específicas e precisas de considerável complexidade em conjunto de dados transformando informação m-dimensional em tri ou bidimensional uma vez que a capacidade humana de identificação por reconhecimento visual só é possível até a terceira dimensão. Na posse de uma enorme quantidade de informações a questão principal que surge é naturalmente como interpretá-las e, obedecendo a natureza multivariada, como extrair informação relevante. No setor sucroenergético, por exemplo, classificar as usinas como homogêneas não é uma tarefa tão simples, pois as características envolvidas pertencem a um contexto com múltiplas restrições (ambientais, sociais, econômicas,...) inerentes a cada uma delas. Somente por meio de técnicas multivariadas que essas múltiplas relações podem ser adequadamente examinadas para se obter uma compreensão mais completa e realista na tomada de decisões O instrumento para coleta de dados consistirá em entrevista semiestruturada. O tamanho da amostra proposto é de 35 participantes da pesquisa inseridos em um grupo Usinas e Destilarias de cana-de-açúcar do Estado de São Paulo. O projeto de pesquisa visa identificar a caracterização do sistema de produção agrícola das usinas e destilarias de cana-de-açúcar do estado de São Paulo.

Considerações sobre os Termos de apresentação obrigatória:

Foram analisados os seguintes documentos de apresentação obrigatória:

1 - Folha de Rosto Para Pesquisa Envolvendo Seres Humanos: Foi apresentado o documento "folha

pdf" devidamente preenchido, datado e assinado.

2 - Projeto de Pesquisa: Foram analisados os documentos “projeto_plataforma.pdf” e

Endereço:	Rua Tessália Vieira de Camargo, 126		
Bairro:	Barão Geraldo	CEP:	13.083-887
UF:	SP	Município:	CAMPINAS
Telefone:	(19)3521-8936	Fax:	(19)3521-7187
		E-mail:	cep@fcm.unicamp.br

“PB_INFORMAÇÕES_BÁSICAS_DO_PROJETO_743790.pdf”. Precisa de adequações (Vide item “Conclusões ou Pendências e Lista de Inadequações”).

3 - Orçamento financeiro e fontes de financiamento: Informações sobre orçamento financeiro incluídas no documento “PB_INFORMAÇÕES_BÁSICAS_DO_PROJETO_743790.pdf”.

4 - Cronograma: Informações sobre o cronograma incluídas nos documentos “PB_INFORMAÇÕES_BÁSICAS_DO_PROJETO_743790.pdf”.

5 - Termo de Consentimento Livre e Esclarecido. Precisa de adequações (Vide item “Conclusões ou Pendências e Lista de Inadequações”).

6 – Roteiro de entrevistas ou questionário apresentado.

7 – Carta resposta do pesquisador.

8 - Verificar item “Conclusões ou Pendências e Lista de Inadequações”

Recomendações:

Cabe ao CEP verificar o atendimento das questões apontadas no item “Conclusões ou Pendências e Lista de Inadequações”, antes de autorizar o início do estudo.

Conclusões ou Pendências e Lista de Inadequações:

1) Cronograma

O cronograma das Informações Básicas do Projeto não apresenta o período do recrutamento e seleção dos participantes da pesquisa, iniciando nas Entrevistas de 03/10/2016 a 28/02/2017. Além disso, na Metodologia da Análise de Dados das Informações Básicas do Projeto, o pesquisador afirma que a interpretação e análise das relações entre as variáveis de cada um desses agrupamentos serão consideradas o período de 2014 a 2015, realizadas por meio de Análise Multivariada. Cabe ressaltar que a conduta do CEP é não emitir parecer para pesquisas concluídas ou em andamento, baseando-se no fato de que o parecer não é algo meramente burocrático, e sim uma contribuição para a adequação do projeto de pesquisa às normas éticas vigentes, protegendo, assim, os interesses dos participantes de pesquisa e, conseqüentemente, de todos os envolvidos no processo: pesquisador, instituição proponente, o CEP e a própria CONEP (Resolução CNS nº 466 de 2012 item XI.2.a). Neste caso, interessa o momento da coleta de dados ou seleção dos participantes da pesquisa. Revisão de literatura e outros itens relativos ao planejamento da pesquisa podem (devem) ser conduzidos antes da emissão do parecer do CEP. Diante do exposto, solicitam-se esclarecimentos e adequação sobre esta questão. O pesquisador também deve observar os prazos dos ajustes solicitados ao projeto de pesquisa, para não prejudicar os prazos planejados durante o período de ajuste.

O pesquisador ajustou o cronograma para o início da entrevista semi-estruturada de 01/02/2017 a 30/07/2017, entretanto, o pesquisador não destacou os períodos para seleção dos

Endereço:	Rua Tessália Vieira de Camargo, 126		
Bairro:	Barão Geraldo	CEP:	13.083-887
UF:	SP	Município:	CAMPINAS
Telefone:	(19)3521-8936	Fax:	(19)3521-7187
		E-mail:	cep@fcm.unicamp.br

participantes da pesquisa e outras etapas para análise dos dados e conclusão da pesquisa, como orientado na Resolução CNS nº 466 de 2012. O pesquisador deve ajustar o cronograma contemplando pelo menos o início da pesquisa, seleção dos participantes da pesquisa, realização das entrevistas semi-estruturada (coleta de dados), análise dos dados e conclusão da pesquisa. Podem ser adicionadas outras etapas entre essas destacadas.

Pendência encerrada: O pesquisador fez os ajustes solicitados no cronograma, conforme descrito na Carta Resposta e nas PB_INFORMAÇÕES_BÁSICAS_DO_PROJETO_743790.pdf

2) Amostra e critérios de inclusão e exclusão dos participantes da pesquisa.

2.1) O pesquisador declarou nas Informações Básicas do projeto uma amostra de 35 participantes da pesquisa inseridos em um grupo Usinas e Destilarias. Entretanto, o pesquisador não identifica e declara os critérios para inclusão e exclusão dos participantes da pesquisa, como por exemplo, Diretores, Gerentes ou outras funções para também eventual substituição dos participantes da pesquisa, uma vez que usinas e destilarias são instituições jurídicas e não são os participantes que responderão os questionários. No documento “projeto_plataforma.pdf” o pesquisador declara que “será efetuado uma análise de correlação das 35 empresas analisando o número de funcionários efetivos e temporários com dados sobre a mecanização e a automação percentual de trabalhadores que executam serviços, tais como: operador de máquinas agrícolas, motorista, fiscais, entre outros que vieram do corte da cana.” Nesse mesmo documento, na página 7, o pesquisador declara que “A percepção dos gerentes agrícolas das usinas de cana-de-açúcar será positivamente perceptível sobre os benefícios ambientais do sistema de taxa variável que comprovarão que este sistema corrobora para a empresa se enquadrar nos requisitos de certificação exigidos para a exportação de etanol ao Estado da Califórnia”. Solicita-se esclarecimentos ao pesquisador sobre os critérios para inclusão e exclusão dos participantes da pesquisa, incluindo o recrutamento e seleção desses participantes. O pesquisador descreve em carta-respostas que “após contato telefônico as usinas identifiquei e buscarei levantar os responsáveis do setor agrícola tais como: diretores, gerentes e/ou supervisores agrícolas das usinas que tenham compreensão da dimensão econômica, social e ambiental da usina.” O momento da seleção dos participantes da pesquisa está associado aos critérios do perfil dos participantes da pesquisa, mas, não necessariamente devem ocorrer simultaneamente. O pesquisador deve previamente definir os critérios de inclusão e exclusão, antes da seleção desses participantes. Os critérios de inclusão e exclusão devem estar descritos nas Informações Básicas do Projeto ou no TCLE. Pendência encerrada: O pesquisador fez os ajustes solicitados, conforme descrito na Carta Resposta.

3) TCLE

3,1) O pesquisador não apresentou um TCLE, mas um documento denominado justificativa.pdf. O TCLE não está adequado com a Resol. 466/12. Adequar o TCLE segundo a estrutura básica apresentada na página do comitê de Ética da UNICAMP https://www.prp.unicamp.br/sites/default/files/3_estrutura_basica_tcle-versao_09outubro2015disponivel_site.docx

O Termo de Consentimento Livre e Esclarecido (TCLE) é o documento que, além de explicar os detalhes da pesquisa, também deve informar e assegurar os direitos dos participantes. O TCLE deve ser conciso e de fácil compreensão por um indivíduo leigo. Não é desejável que o documento seja longo, com procedimentos excessivamente detalhados e com construções gramaticais complexas.

Endereço:	Rua Tessália Vieira de Camargo, 126		
Bairro:	Barão Geraldo	CEP:	13.083-887
UF:	SP	Município:	CAMPINAS
Telefone:	(19)3521-8936	Fax:	(19)3521-7187
		E-mail:	cep@fcm.unicamp.br

Itens importantes que devem ser contemplados no TCLE: justificativa, objetivos, procedimentos (neste item deverá constar as informações sobre o destino dos áudios gravados: Serão armazenados? Se sim, por quanto tempo? Como serão descartados? Pretende-se usar em projetos futuros ou será utilizado exclusivamente para este projeto?), desconforto (em termos de desconfortos, acrescentar uma frase com a estimativa do tempo necessário para a coleta de dados),riscos (toda pesquisa com seres humanos envolve riscos em tipos e gradações variadas, caso não consiga dimensionar o risco da pesquisa descreva que não há riscos previsíveis) benefícios (diretos e indiretos), sigilo e privacidade, ressarcimento e indenização (Colocar no TCLE sobre ressarcimento das despesas ou informação de que não haverá ressarcimento pela participação e informar o motivo(o pesquisador vai se deslocar até o participante? A coleta de dados será feita durante a rotina do participante? O pesquisador DEVE SEMPRE informar se haverá ou não ressarcimento de despesas, para os casos de comparecimento em dias não previstos na rotina do participante), contato, consentimento, responsabilidade do pesquisador. As páginas devem ser numeradas e rubricadas.Pendência encerrada: O pesquisador fez os ajustes solicitados.

3,2). Em termos de desconfortos, acrescentar no Procedimento uma ou mais frases com a estimativa do tempo necessário para as entrevistas para coleta de dados. Solicita-se também descrever o período para coleta de dados, para confirmar se há ou não desconforto em horário extra dos participantes da pesquisa durante as atividades nas Usinas ou Destilarias, onde será aplicada a pesquisa, ou conflito com a sua rotina diária.

Pendência encerrada: O pesquisador re2alizou os ajustes solicitados.

3.3) Toda pesquisa com seres humanos envolve riscos em tipos e gradações variadas, caso não consiga dimensionar o risco da pesquisa descreva que não há riscos previsíveis, junto com o texto já descrito nas “Informações Básicas do Projeto: “Sua participação é voluntária, podendo desistir a qualquer momento e retirar seu consentimento, sem sofrer qualquer prejuízo ou retaliação devido a sua desistência. “As informações obtidas neste estudo serão confidenciais, assegurando sua privacidade, pois serão dados nomes fictícios aos participantes para a exposição dos resultados, sem deixar possibilidades de que a identidade das participantes seja exposta.”

O pesquisador deve acrescentar o texto “Não há riscos previsíveis nesta pesquisa.” O texto a seguir deve ser ajustado do TCLE. “O desenvolvimento deste projeto pode acarretar riscos como desconforto durante as entrevistas que serão realizadas, que pode ser agravado pela insegurança de exposição da identidade dos participantes. Para minimização dos riscos descritos, a desistência de participação no projeto pode ocorrer a qualquer momento, por sua simples manifestação em relação ao desconforto das atividades de entrevista. Você terá completa proteção da identidade, que em nenhum momento da exposição dos dados será revelada.” Para “A sua desistência de participação no projeto pode ocorrer a qualquer momento, por sua simples manifestação e em relação ao desconforto das atividades de entrevista.”Pendência encerrada: O pesquisador fez os ajustes solicitados, conforme descrito na Carta Resposta e no TCLE.

Endereço:	Rua Tessália Vieira de Camargo, 126		
Bairro:	Barão Geraldo	CEP:	13.083-887
UF:	SP	Município:	CAMPINAS
Telefone:	(19)3521-8936	Fax:	(19)3521-7187
		E-mail:	cep@fcm.unicamp.br

3.4) Quanto aos benefícios, explicitar que não haverá benefício direto, mas sim coletivo e descrever os benefícios da pesquisa. Lembramos que a única maneira de amenizar o fato de do participante não ter benefícios diretos com o estudo é informar direta e adequadamente isto a ele, para que possa decidir livremente se participará ou não.

Pendência encerrada: O pesquisador realizou os ajustes solicitados.

3.5) O texto como foi descrito no TCLE não garante indenização por danos decorrentes da pesquisa, bem como declara não haver o ressarcimento de gastos relacionados à participação no estudo (passagem e uma refeição), sendo contrário ao disposto na Resolução CNS n.466/2012. Diante do exposto, solicita-se que a sentença destacada passe a ter a seguinte redação: "Em caso de dano decorrente da pesquisa, está garantida a assistência integral e imediata, de forma gratuita, pelo tempo que for necessário. Você também tem direito a indenização em caso de danos".

O pesquisador deve acrescentar o seguinte texto, ao já descrito no TCLE: "Em caso de dano decorrente da pesquisa, está garantida a assistência integral e imediata, de forma gratuita, pelo tempo que for necessário. Você também tem direito a indenização em caso de danos".

Pendência encerrada: O pesquisador fez os ajustes solicitados, conforme descrito na Carta Resposta e no TCLE.

3.6) Lembramos que, se o TCLE tiver mais de uma página, o sujeito de pesquisa ou seu representante, quando for o caso, e o pesquisador responsável deverão rubricar todas as folhas desse documento, apondo suas assinaturas na última página do referido termo (Carta Circular nº. 003/2011/CONEP/CNS; resolução 466/2012 CNS/MS, artigo IV.5 letra d).

Pendência encerrada: O pesquisador realizou os ajustes solicitados.

3.7) O TCLE deve trazer, de forma explícita, os meios de contato com o pesquisador responsável (ao menos, endereço e telefone), assim como disponibilizar meio de contato de fácil acesso pelo participante de pesquisa em caso de urgência (24 horas por dia, 7 dias por semana).

Pendência encerrada: O pesquisador realizou os ajustes solicitados.

4) Entrevista semi-estruturada

O pesquisador declara no documento projeto_plataforma.pdf, no item 3.1 Caracterização que "...Segundo Silva (2009), para entender as diferentes estratégias utilizadas pelas empresas foram escolhidas algumas variáveis no questionário a fim de verificar os produtos mais importantes da empresa em termos de faturamento nos dois últimos anos (1); se a empresa é exportadora (2); Qual a % da produção destinada aos mercados interno e externo nos últimos dois anos (3); A empresa possui alguma certificação de sustentabilidade voltada para o setor sucroenergético exigida pelo mercado externo (4). O pesquisador também declara diferentes variáveis complementares a pesquisa: os cálculos para produção de cana-de-açúcar: o preparo do solo e plantio; os tratos culturais da soqueira e o corte carregamento e transporte; o uso do sistema de taxa variável; as características ambientais das usinas e destilarias e se as empresas estão adequadas em alguns itens; as características econômicas das usinas e destilarias; variáveis sociais que buscam identificar se parte dos empregados que executam algumas atividades no setor agrícola (motorista, operador de máquinas) vieram do corte da cana e quais são as atuais condições de trabalho do setor agrícola. Muitos questionários emergem pressupostos psicológicos, principalmente quando aplicado em grupos com determinada vulnerabilidade, então solicitamos a pesquisadora esclarecer o formato da entrevista

Endereço:	Rua Tessália Vieira de Camargo, 126		
Bairro:	Barão Geraldo	CEP:	13.083-887
UF:	SP	Município:	CAMPINAS
Telefone:	(19)3521-8936	Fax:	(19)3521-7187
		E-mail:	cep@fcm.unicamp.br

semiestruturada e apresentar o questionário da pesquisa, ou em caso de não estar concluído, ao menos as variáveis do questionário e informar que, quando concluir o questionário, esse ser submetido ao CEP, incluído na Plataforma Brasil, como emenda e somente iniciar a coleta de dados após a emenda ser aprovada.

O pesquisador deve submeter o roteiro semi-estruturado ou questionário CEP via Plataforma Brasil. Não foi identificado o questionário na Plataforma Brasil, conforme afirma o pesquisador na sua carta resposta. Pendência encerrada: O pesquisador fez os ajustes solicitados, conforme descrito na Carta Resposta e no envio do roteiro de entrevista.

5) Orçamento

O Sistema CEP/Conep entende que não há estudos sem custo nenhum. Sempre haverá necessidade de algum grau de investimento, ainda que mínimo. Não é razoável imaginar, por exemplo, que um pesquisador faça o seu estudo sem registrar as informações em algum formulário ou outro instrumento, o que exige investimento financeiro. O pesquisador declara um orçamento para pesquisa, mas, não declara como serão as participações das Instituições principal (UNICAMP) e secundária (FEAGRI), como por exemplo, bolsas de doutorado e outros.

Pendência encerrada: O pesquisador realizou os ajustes solicitados, com a seguinte afirmação na sua carta/resposta: “O financiamento será próprio, custeado pelo pesquisador. O gasto previsto será de aproximadamente R\$ 7.804,00 em decorrente da logística até as usinas e destilarias, sendo considerado como gasto; combustível e pedágio. Entretanto, com a aprovação deste comitê de ética, pretende-se buscar recursos, via FAPESP para o deslocamento até as usinas e destilarias do estado de São Paulo.”

6) Termo de autorização

O pesquisador declara no documento “projeto_plataforma.pdf” que a mecanização e a automação nas últimas cinco safras provocaram o recuo de funcionários efetivos e temporários em usinas de cana-de-açúcar, requalificando apenas uma pequena porcentagem desses trabalhadores. Para isso, será efetuado uma análise de correlação das 35 empresas analisando o número de funcionários efetivos e temporários com dados sobre a mecanização e a automação percentual de trabalhadores que executam serviços, tais como: operador de máquinas agrícolas, motorista, fiscais, entre outros que vieram do corte da cana.” Caso a coleta de dados seja realizada em local externo ao desenvolvimento da pesquisa (escolas, clubes, posto de saúde, hospitais, etc.), no caso, dentro das usinas e destilarias, é necessário anexar a carta de autorização do responsável do local para realização da pesquisa.

O pesquisador deve apresentar documento de cada usina/destilaria pesquisada, autorizando realizar a entrevista dentro das suas instalações, antes do início da entrevista. O pesquisador deve contatar os representantes dessas empresas, para solicitar as autorizações para realizar a pesquisa, principalmente porque o pesquisador afirma no Procedimento do TCLE que “Sua participação nesta pesquisa consistirá em participar de entrevistas semi estruturada e serão realizadas em seu local de trabalho, (usinas e/ou destilarias) no horário que será combinado com o pesquisador.” O pesquisador apresenta nova Carta Resposta explicando que “a participação das usinas é voluntária e serão escolhidas de forma aleatórias, de forma a atender as 35 usinas. Algumas usinas foram contatadas informalmente, se elas tem interesse em participar, e com isso, nos concedeu uma noção se será possível o *feedback* do aceite da participação nas entrevistas das 35 usinas.” O sistema CEP/CONEP solicita que, caso a coleta de dados seja realizada em local externo ao desenvolvimento da pesquisa (escolas, clubes,

Endereço:	Rua Tessália Vieira de Camargo, 126		
Bairro:	Barão Geraldo	CEP:	13.083-887
UF:	SP	Município:	CAMPINAS
Telefone:	(19)3521-8936	Fax:	(19)3521-7187
		E-mail:	cep@fcm.unicamp.br

posto de saúde, hospitais, etc..) é necessário anexar a carta de autorização do responsável do local para realização da pesquisa, antes do início da coleta de dados para a pesquisa..

Pendência encerrada: Em segunda Carta Resposta, o pesquisador explica que “os convites serão feitos de acordo com as indicações do Centro Avançado de Pesquisa Tecnológica do Agronegócio de Cana, localizado em Ribeirão Preto, promovido pelo Instituto Agronômico de Campinas (IAC), e/ou, em parceria. Portanto as entrevistas serão realizadas nas reuniões oficiais desse centro avançado de pesquisa, relacionadas à pesquisa em cana-de-açúcar, ao longo do primeiro semestre de 2017.” O pesquisador apresenta declaração de autorização para realizar a pesquisa pelo Coordenador do Grupo Fitotécnico de cana e diretor do centro de cana do Instituto Agronômico de Campinas.

7) Pesquisa internacional

O pesquisador declara no documento “PB_INFORMAÇÕES_BÁSICAS_DO_PROJETO_743790.pdf”. que o estudo é internacional, mas, não esclarece como será realizada a integração internacional da pesquisa e o perfil dos participantes da pesquisa.

Pendência encerrada: O pesquisador realizou os ajustes solicitados.

8) Título do projeto de pesquisa

O pesquisador declara o título “Caracterização do sistema agrícola das usinas e destilarias de cana-de-açúcar do estado de São Paulo nos aspectos econômicos, sociais e ambientais: modelagem para competitividade” no documento “PB_INFORMAÇÕES_BÁSICAS_DO_PROJETO_743790.pdf”, entretanto, no documento “projeto_plataforma.pdf” o título é **MODELAGEM PARA COMPETITIVIDADE DO SISTEMA AGRÍCOLAS USINAS E DESTILARIAS DE CANA-DE-AÇÚCAR DO ESTADO DE SÃO PAULO NOS ASPECTOS ECONÔMICO, SOCIAL E AMBIENTAL**”, com o pesquisador principal o Prof. Dr. Marco Tulio Ospina Patino. O pesquisador deve ajustar um único título da pesquisa em todos os documentos enviados ao CEP e/ou esclarecer os vínculos entre projetos de pesquisa principais e secundários nos quais participa e o seu respectivo papel como pesquisador principal ou não.

Pendência encerrada: O pesquisador realizou os ajustes solicitados.

Considerações Finais a critério do CEP:

- O sujeito de pesquisa deve receber uma via do Termo de Consentimento Livre e Esclarecido, na íntegra, por ele assinado (quando aplicável).
- O sujeito da pesquisa tem a liberdade de recusar-se a participar ou de retirar seu consentimento em qualquer fase da pesquisa, sem penalização alguma e sem prejuízo ao seu cuidado (quando aplicável).

Endereço:	Rua Tessália Vieira de Camargo, 126		
Bairro:	Barão Geraldo	CEP:	13.083-887
UF:	SP	Município:	CAMPINAS
Telefone:	(19)3521-8936	Fax:	(19)3521-7187
		E-mail:	cep@fcm.unicamp.br

- O pesquisador deve desenvolver a pesquisa conforme delineada no protocolo aprovado. Se o pesquisador reconsiderar a descontinuação do estudo, esta deve ser justificada e somente ser realizada após análise das razões da descontinuidade pelo CEP que o aprovou. O pesquisador deve aguardar o parecer do CEP quanto à descontinuação, exceto quando perceber risco ou dano não previsto ao sujeito participante ou quando constatar a superioridade de uma estratégia diagnóstica ou terapêutica oferecida a um dos grupos da pesquisa, isto é, somente em caso de necessidade de ação imediata com intuito de proteger os participantes.

- O CEP deve ser informado de todos os efeitos adversos ou fatos relevantes que alterem o curso normal do estudo. É papel do pesquisador, assegurar medidas imediatas adequadas frente a evento adverso grave ocorrido (mesmo que tenha sido em outro centro) e enviar notificação ao CEP e à Agência Nacional de Vigilância Sanitária – ANVISA – junto com seu posicionamento.

- Eventuais modificações ou emendas ao protocolo devem ser apresentadas ao CEP de forma clara e sucinta, identificando a parte do protocolo a ser modificada e suas justificativas e aguardando a aprovação do CEP para continuidade da pesquisa. Em caso de projetos do Grupo I ou II apresentados anteriormente à

ANVISA, o pesquisador ou patrocinador deve enviá-las também à mesma, junto com o parecer aprovado do CEP, para serem juntadas ao protocolo inicial.

- Relatórios parciais e final devem ser apresentados ao CEP, inicialmente seis meses após a data deste parecer de aprovação e ao término do estudo.

-Lembramos que segundo a Resolução 466/2012, item XI.2 letra e, “cabe ao pesquisador apresentar dados solicitados pelo CEP ou pela CONEP a qualquer momento”.

Endereço:	Rua Tessália Vieira de Camargo, 126		
Bairro:	Barão Geraldo	CEP:	13.083-887
UF:	SP	Município:	CAMPINAS
Telefone:	(19)3521-8936	Fax:	(19)3521-7187
		E-mail:	cep@fcm.unicamp.br

Este parecer foi elaborado baseado nos documentos abaixo relacionados:

Tipo Documento	Arquivo	Postagem	Autor	Situação
Informações Básicas do Projeto	PB_INFORMAÇÕES_BÁSICAS_DO_PROJETO_743790.pdf	12/12/2016 20:28:40		Aceito
Projeto Detalhado / Brochura Investigador	projeto.pdf	12/12/2016 20:28:10	Fernando Rodrigues de Amorim	Aceito
TCLE / Termos de Assentimento / Justificativa de Ausência	tcle8.pdf	12/12/2016 19:52:14	Fernando Rodrigues de Amorim	Aceito
TCLE / Termos de Assentimento / Justificativa de Ausência	tcle7.pdf	12/12/2016 19:47:08	Fernando Rodrigues de Amorim	Aceito
TCLE / Termos de Assentimento / Justificativa de Ausência	tcle6.pdf	12/12/2016 19:44:28	Fernando Rodrigues de Amorim	Aceito
TCLE / Termos de Assentimento / Justificativa de Ausência	tcle5.pdf	12/12/2016 19:42:16	Fernando Rodrigues de Amorim	Aceito
TCLE / Termos de Assentimento / Justificativa de Ausência	tcle4.pdf	12/12/2016 19:40:27	Fernando Rodrigues de Amorim	Aceito
TCLE / Termos de Assentimento / Justificativa de Ausência	tcle3.pdf	12/12/2016 19:37:31	Fernando Rodrigues de Amorim	Aceito
Ausência	tcle3.pdf	12/12/2016 19:37:31	Fernando Rodrigues de Amorim	Aceito

Endereço: Rua Tessália Vieira de Camargo, 126

Bairro: Barão Geraldo

CEP: 13.083-887

UF: SP

Município: CAMPINAS

Telefone: (19)3521-8936

Fax: (19)3521-7187

E-mail: cep@fcm.unicamp.br

TCLE / Termos de Assentimento / Justificativa de Ausência	tcle2.pdf	12/12/2016 19:36:31	Fernando Rodrigues de Amorim	Aceito
TCLE / Termos de Assentimento / Justificativa de Ausência	tcle1.pdf	12/12/2016 19:35:44	Fernando Rodrigues de Amorim	Aceito
Declaração de Pesquisadores	iac.pdf	12/12/2016 19:33:50	Fernando Rodrigues de Amorim	Aceito
Recurso Anexado pelo Pesquisador	Carta_resposta.pdf	12/12/2016 19:23:01	Fernando Rodrigues de Amorim	Aceito
Cronograma	Cronograma.pdf	12/12/2016 19:20:34	Fernando Rodrigues de Amorim	Aceito
Folha de Rosto	Folha.pdf	27/09/2016 10:21:48	Fernando Rodrigues de Amorim	Aceito

Situação do Parecer:

Aprovado

Necessita Apreciação da CONEP:

Não

CAMPINAS, 04 de Janeiro de 201

Assinado por:**Renata Maria dos Santos Celeghini****(Coordenador)**

Endereço:	Rua Tessália Vieira de Camargo, 126		
Bairro:	Barão Geraldo	CEP:	13.083-887
UF:	SP	Município:	CAMPINAS
Telefone:	(19)3521-8936	Fax:	(19)3521-7187
		E-mail:	cep@fcm.unicamp.br