UM MODELO DE AVALIAÇÃO DE NOVAS TECNOLOGIAS: O CASO DO SISTEMA DE CANA CRUA

MIGUEL SANTAELLA

Engenheiro Agrônomo

Orientador: Prof. Dr. Fernando Curi Peres

Dissertação apresentada à Escola Superior de Agricultura "Luiz de Queiroz", da Universidade de São Paulo, para obtenção do título de Mestre em Agronomia, Área de concentração: Economia Agrária.

PIRACICABA

Estado de São Paulo -Brasil

Fevereiro - 1995

CATALOGAÇÃO NA PUBLICAÇÃO
DIVISÃO DE BIBLIOTECA E DOCUMENTAÇÃO - CAMPUS "LUIZ DE QUEIROZ"/USP

Santaella. Miguel

Um modelo de avaliação de novas tecnologias: o caso do sistema de cana crua. Piracicaba, 1995.

89p.

Diss.(Mestre) - ESALQ

Bibliografia.

1. Cana-de-açúcar - Colheita - Tecnologia 2. Cana-de-açúcar -
Produção Modelo Linear 3. Modelo matemático 4. Simulação
automatizada I. Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz,
Piracicaba

CDD 633.61

UM MODELO DE AVALIAÇÃO DE NOVAS TECNOLOGIAS: O CASO DO SISTEMA DE CANA CRUA

MIGUEL SANTAELLA

Aprovada em: 25.08.95

Comissão julgadora:

Prof. Dr. Fernando Curi Peres

Prof. Dra. Heloisa Lee Burnquist

Dr. Jorge Alberto Gonçalves da Silva

ESALQ/USP

ESALQ/USP

COPERSUCAR

Prof. Dr. Fernando Curi Peres

Orientador

ÍNDICE ANALÍTICO

LISTA DE TABELAS.....	vi
LISTA DE FIGURAS.....	viii
RESUMO	ix
SUMMARY.....	xi
1. INTRODUÇÃO.....	1
2. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA	4
2.1. EFEITO DA QUEIMA NA QUALIDADE TECNOLÓGICA DA MATÉRIA-PRIMA	4
2.2. TECNOLOGIAS ALTERNATIVAS	6
2.3. A ALOCAÇÃO DE RECURSOS NA PESQUISA AGRÍCOLA	9
3. OBJETIVOS.....	13
3.1. OBJETIVOS ESPECÍFICOS	13
4. METODOLOGIA	14
4.1. INTRODUÇÃO.....	14
4.2. DESCRIÇÃO DO MODELO.....	14
4.2.1. Atividades	17
4.2.2. Restrições do modelo.....	21
4.2.2.1. Recursos de área	21
4.2.2.2. Recursos de mão-de-obra	21
4.2.2.3. Disponibilidade de áreas para mecanização	22
4.2.2.4. Disponibilidade de colhedoras.....	23

4.2.2.5. Disponibilidade de plantadoras.....	23
4.2.2.6. Disponibilidade de recolhedoras de palha.....	24
4.2.2.7. Fabricação de Colhedoras.....	24
4.2.2.8. Fabricação de plantadoras	24
4.2.2.9. Fabricação de recolhedoras de palha	25
4.2.2.10. Introdução de fábrica de hidrólise.....	25
4.2.2.11. Introdução de fábrica de cogeração de energia elétrica.....	25
4.2.2.12. Relacional de incorporação	25
4.2.3. Função objetivo	26
4.2.4. Dados necessários.....	26
4.2.5. Descrição matemática do modelo	31
4.2.6. Dimensionamento do modelo.....	33
5. VALIDAÇÃO DO MODELO	36
5.1. PRESSUPOSIÇÕES ADOTADAS	36
5.2. DADOS UTILIZADOS	38
6. RESULTADOS E DISCUSSÃO.....	64
6.1. RESULTADOS	64
6.2. DISCUSSÃO DOS RESULTADOS	79
7. CONCLUSÕES E SUGESTÕES	82
7.1. CONCLUSÕES	82
7.2. SUGESTÕES.....	82
8. BIBLIOGRAFIA	84

LISTA DE TABELAS

TABELA 1 : ATIVIDADES UTILIZADAS PELAS DIVERSAS POLÍTICAS DO MODELO E SUA RESPECTIVA UNIDADE.....	19
TABELA 2 : ATIVIDADES UTILIZADAS PELAS DIVERSAS POLÍTICAS DO MODELO E SUA RESPECTIVA UNIDADE.....	21
TABELA 3 : INFORMAÇÕES NECESSÁRIAS PARA O CÁLCULO DA FUNÇÃO OBJETIVO E PARA O PREENCHIMENTO DOS COEFICIENTES DAS RESTRIÇÕES	27
TABELA 4 : EQUIPAMENTOS E PRODUTOS COM POSSIBILIDADE DE COMPRA E/OU VENDA AO LONGO DO HORIZONTE DE PLANEJAMENTO E SUAS RESPECTIVAS UNIDADES	30
TABELA 5 : INFORMAÇÕES NECESSÁRIAS PARA PREENCHIMENTO DOS "RHS"	30
TABELA 6 : ATIVIDADES UTILIZADAS PELAS DIVERSAS POLÍTICAS DO MODELO E SEU RESPECTIVO CUSTO.....	39
TABELA 7 : PREÇO DE COMPRA E/OU VENDA DE EQUIPAMENTOS E PRODUTOS UTILIZADOS AO LONGO DO HORIZONTE DE PLANEJAMENTO	40
TABELA 8 : VALORES UTILIZADOS PARA O CÁLCULO DA FUNÇÃO OBJETIVO E PARA O PREENCHIMENTO DOS COEFICIENTES DAS RESTRIÇÕES	41
TABELA 9 : VALORES UTILIZADOS PARA PREENCHIMENTO DOS "RHS"	44
TABELA 10 : PRODUTIVIDADES E CARACTERÍSTICAS TECNOLÓGICAS ADOTADAS PARA CANA QUEIMADA PARA TODO O HORIZONTE DE PLANEJAMENTO	46
TABELA 11 : PRODUTIVIDADES E CARACTERÍSTICAS TECNOLÓGICAS ADOTADAS PARA CANA CRUA PARA TODO O HORIZONTE DE PLANEJAMENTO	47
TABELA 12 : DIVISÃO DA ÁREA COM CANA DE AÇÚCAR NO ESTADO DE SÃO PAULO EM BLOCOS DE ACORDO COM A EXPECTATIVA DE FERTILIDADE, DECLIVIDADE, DISTÂNCIA E ESTÁGIO DE CORTE DISTÂNCIA E ESTÁGIO DE CORTE.....	48

TABELA 13: ÁREA ALOCADA PELO MODELO PARA CADA POLÍTICA ADOTADA NOS LOCAIS COM DECLIVIDADE ACIMA DE 8%.....	65
TABELA 14 : ÁREA ALOCADA PELO MODELO PARA CADA UMA DAS POLÍTICAS ADOTADAS PARA OS LOCAIS COM DECLIVIDADE MENOR OU IGUAL A 8%.....	67
TABELA 15 : ÁREA ALOCADA PELO MODELO PARA CADA UMA DAS POLÍTICAS ADOTADAS PARA OS LOCAIS COM DECLIVIDADE MENOR OU IGUAL A 8% E DISTÂNCIA MENOR OU IGUAL A 10 KM.....	70
TABELA 16 : ÁREA ALOCADA PELO MODELO PARA CADA UMA DAS POLÍTICAS ADOTADAS PARA OS LOCAIS COM DECLIVIDADE MENOR OU IGUAL A 8% E DISTÂNCIA MAIOR QUE 10 KM E MENOR OU IGUAL A 20 KM.....	71
TABELA 17 : ÁREA ALOCADA PELO MODELO PARA CADA UMA DAS POLÍTICAS ADOTADAS PARA OS LOCAIS COM DECLIVIDADE MENOR OU IGUAL A 8% E DISTÂNCIA MAIOR QUE 20 KM E MENOR OU IGUAL A 30 KM.....	73
TABELA 18 : ÁREA ALOCADA PELO MODELO PARA CADA UMA DAS POLÍTICAS ADOTADAS PARA OS LOCAIS COM DECLIVIDADE MENOR OU IGUAL A 8% E DISTÂNCIA MAIOR QUE 30 KM....	76
TABELA 19 : USO DE MÃO DE OBRA DURANTE O HORIZONTE DE PLANEJAMENTO.....	77

LISTA DE FIGURAS

FIGURA 1 : ALTERNATIVAS PARA A QUEIMA DOS CANAVIAIS.....	7
--	---

UM MODELO DE AVALIAÇÃO DE NOVAS TECNOLOGIAS: O CASO DO SISTEMA DE CANA CRUA

Autor: Miguel Santaella

Orientador: Prof. Dr. Fernando Curi Peres

RESUMO

Este trabalho visou desenvolver um modelo matemático que viesse a auxiliar os centros de pesquisa a direcionar as suas pesquisas voltadas à eliminação ou redução das queimadas dos canaviais.

Para tanto foi criado um modelo de otimização que utiliza a metodologia de programação linear. O modelo procura simular o processo de produção da agro-indústria da cana-de-açúcar e permite analisar o efeito da introdução de novas tecnologias num horizonte de 16 anos. As principais variáveis analisadas pelo modelo são os custos de produção, a utilização de mão-de-obra, a disponibilidade de máquinas, o destino alocado para a palha de cana que deixaria de ser queimada no campo e os efeitos na produtividade agrícola e na qualidade da matéria-prima que chega à indústria. Cada nova tecnologia a ser estudada pode ter um efeito sobre uma ou mais destas variáveis, deixando o modelo livre para mostrar as consequências de sua implantação ou o potencial de utilização para esta tecnologia.

Para validar o modelo foi realizada uma simulação que não considera a introdução de nenhuma nova tecnologia nem a variação das eficiências operacionais ou custos de produção durante o horizonte de planejamento. Esta simulação serve de parâmetro de comparação para qualquer outra que venha a ser realizada. Visando agilizar a realização de novas simulações foi desenvolvido um programa de computador que gera a matriz do modelo no formato MPSX.

AN EVALUATION MODEL FOR NEW TECHNOLOGIES: THE CASE OF HARVESTING NON-BURNED SUGARCANE

Author: Miguel Santaella

Adviser: Prof. Dr. Fernando Curi Peres

SUMMARY

An optimization mathematical model was built to help research institutions evaluate alternative technologies aimed at eliminating the routine of burning sugar-cane fields before harvest. In building the model, linear programming was utilized. The model describes the present sugar-cane production process and allows simulation of other technologies to be tested. It covers a 16 year planning horizon. Among the most important variables considered are the costs of production, labor requirements, and machinery availability. The destination of the trash, when fields are not burned before harvesting, is taken into account. Also, the consequent effect on both soil fertility and on the quality of raw material taken to destilaries and sugar mills is considered. New technologies can be tested by the model and their effects on each variable can be evaluated.

To validate the model, it was run without introducing any new technology or variations on costs of production for the planning horizon. Results of any desired simulation can be compared to this basic run. To

expedite the simulation process a software that generates a MPSX linear programming matrix was produced.

1. INTRODUÇÃO

A queima da palha de cana anteriormente ao corte é uma prática bastante utilizada no Brasil e no mundo. A queima prévia visa a eliminação da palha e folhas secas facilitando o corte manual ou mecânico da cana.

Os principais motivos da queima prévia do canavial para corte manual são apontadas por FERNANDES(1988), BASSINELO(1988), MACEDO(1991), RÍPOLI(1990) e outros como sendo: a)Segurança do Trabalhador: a queima prévia evita os cortes por folhas, elimina o "Joçal" (pequenos pêlos de sílica urticantes das folhas de cana), diminui o risco de acidentes com animais peçonhentos, aumenta a visibilidade para o cortador evitando acidentes com o facão e elimina o risco de incêndio acidental quando do corte; b)Capacidade de Corte: a capacidade do corte cai de cerca de 9 t cana/dia homem na cana queimada para 2 a 3 t cana/dia homem na cana crua (cana sem queimar); c)Eliminação de impurezas: com a queima prévia consegue-se levar cerca de 20% a menos de impureza vegetal (folhas, palmito, etc.) e mineral (terra, pedras, etc.) para a usina; d)exigência dos trabalhadores: os contratos de trabalho com os sindicatos dos cortadores de cana exigem que a cana seja queimada antes do corte.

Os mesmos autores apontam os seguintes motivos para a queima do canavial para corte mecânico: a) eliminação de impurezas: cerca de 32% a menos de impurezas vegetais e minerais são levadas para a indústria quando se realiza a queima prévia; b) consumo e capacidade operacional: o consumo específico (l/t cana) é cerca de 51% maior e a capacidade operacional (t cana/h) é cerca de 30% menor quando não se queima a cana antes do corte; c) perdas: quando se corta cana crua tem-se um aumento de cerca de 65% na perda de cana no campo (cana que deixa de ser levada à usina).

Apesar dessas aparentes vantagens, existem diversos trabalhos que apontam os problemas causados, à própria agro-indústria sucroalcooleira, pela queima do canavial antes do corte. O principal destes problemas parece ser a deterioração rápida da cana após a queima, tornando necessário o seu corte, carregamento transporte e processamento em menos de 48 horas, a fim de evitar perdas muito grandes de sacarose.

Nos últimos anos, pressões de ambientalistas e das populações que vivem nas regiões canavieiras vem forçando os centros de pesquisa a fornecer tecnologias alternativas a este processo. Muitos são os pesquisadores envolvidos no levantamento dos possíveis danos causados pela queima não só ao ambiente como também à saúde humana. KIRCHHOFF(1991) aponta o problema do ozônio produzido indiretamente

pelas queimadas como um elemento que, em grandes concentrações, é tóxico para as pessoas e pode afetar o crescimento das plantas. Em seu trabalho encontrou concentrações 4 vezes maiores na época da queima do que na entre-safra da cana. Outros pesquisadores como MANSO(1991) citado por KIRCHHOFF(1991) apontam para o problema do particulado emitido pela queima, o "carvãozinho", como sendo um precursor de doenças respiratórias. Embora outros pesquisadores refutem essas teorias (HALL(1990),MACEDO(1991)), pode-se esperar que essas pressões devam continuar aumentando única e simplesmente pelo incômodo causado por essa fuligem às populações das áreas canavieiras.

Uma outra corrente de pesquisadores, está mais preocupada com o aproveitamento econômico da palha do que exclusivamente com o problema ambiental. Para eles, a queima da palha de cana é um desperdício pois a palha poderia ser responsável por aproximadamente um terço de toda a energia potencialmente gerada em um canavial (RÍPOLI(1990)). Esta palha poderia ainda ser utilizada na alimentação animal (AYALA(1987)) ou ser queimada nas caldeiras em substituição ao bagaço, liberando este último para uso mais nobre como a fabricação de papel, papelão, etc. (ATCHISON(1977)).

2. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

Este capítulo foi dividido em 3 seções. A primeira delas apresenta uma comparação da qualidade tecnológica da matéria-prima nos sistemas de corte de cana crua e do corte de cana queimada. Na segunda são apresentadas as vantagens e desvantagens das alternativas tecnológicas que estão sendo desenvolvidas visando a eliminação da operação de queima. Na terceira e última seção são apresentados trabalhos realizados que visavam orientar o direcionamento de pesquisas agrícolas.

2.1. Efeito da queima na qualidade tecnológica da matéria-prima

O efeito da queima na qualidade da cana-de-açúcar como matéria-prima é talvez, o aspecto mais pesquisado quando se pensa em queima de cana. Mas, nem por isso, é o mais conhecido. Autores como NICKELL(1970) e ORSENIGO(1978) afirmam que , em estudos realizados, a produtividade da cana (t/ha) não diferiu entre cana cortada crua e cortada queimada. Os mesmos autores afirmam também haver um ganho na quantidade de açúcar teórico recuperável quando se faz a queima prévia.

Por outro lado, TURNER(1961), GASCHO(1972), WOOD(1973), REDMAN(1977), YOUNG(1983), FURLANI NETO(1989) e outros, mostram

em seus trabalhos existir uma deterioração após o corte mais rápida e mais acentuada da cana queimada em relação à cana crua, provocando perda de peso e de qualidade tecnológica.

Apesar de existir uma aparente contradição nos trabalhos realizados, FOSTER e IVIN(1981) conseguiram explicar de uma maneira bastante clara o processo físico-químico a que a cana-de-açúcar é submetida quando queimada. Segundo eles os efeitos da queima variam muito de acordo com a intensidade do fogo e das condições de umidade do solo. Eles apontam a exudação pelo colmo e a ejeção de fluido pela ruptura das células como os principais fatores causadores de perda de peso. Em algumas situações, quando o fogo não é muito intenso e existe boa umidade no solo, a cana-de-açúcar pode readquirir seu peso anterior pela rápida absorção de água pelas raízes.

Esses mesmos autores esclarecem que existem perdas de açúcares durante a queima por destruição térmica da sacarose, perda de açúcar junto com o caldo exudado ou expelido na explosão das células com o calor. Eles afirmam que, se o fogo for intenso, a perda de água pode ser muito maior, proporcionalmente, que a perda de açúcar fazendo com que a concentração de açúcar na cana (Pol % cana) seja mais alta do que na cana crua. Isto, entretanto, não significa que a quantidade de açúcar por hectare (Kg de Pol

por ha) seja maior pois a cana de açúcar pesaria menos, por perda de água, gerando uma quantidade total de açúcares menor.

2.2. Tecnologias alternativas

x Diversas alternativas vem sendo estudadas visando aproveitar a massa vegetal que deixa de ser queimada no sistema de cana crua. Um esquema simplificado das possíveis alternativas para utilização da palha é apresentado no Diagrama 1.

Alguns pesquisadores defendem a manutenção da palha no campo visando diminuir problemas de erosão, controlar plantas daninhas e aumentar a produtividade pela manutenção da umidade do solo. Em seu trabalho, SALLAWAY (1979) concluiu que o principal papel da manutenção da palha no campo seria o de diminuir a erosão. Para ele, a manutenção da palha no campo tem um efeito muito pequeno na produtividade agrícola, podendo ser significativa somente com o possível aumento da matéria orgânica após muitos anos de cultivo. Quanto ao aparecimento de plantas daninhas, SALLAWAY (1979), assim como MATHUR e SAKSENA(1965) apontam para uma diminuição da infestação quando a palha é deixada no campo, podendo até mesmo ser eliminada a aplicação de herbicidas.

Figura 1 : Alternativas para a queima dos canaviais

Entretanto, a não queima do canavial pode trazer alguns problemas. Segundo DEGASPARI et alli (1973) a queima da cana ajuda no controle da broca da cana (*Diatraea saccharalis*) reduzindo drasticamente sua população sem contudo diminuir os seus inimigos naturais na mesma proporção.

Um outro grupo de pesquisadores está procurando formas de aproveitar esta nova fonte de biomassa gerada pela eliminação da queima dos canaviais. Com esse pensamento, RÍPOLI(1991) chamou a atenção para a quantidade de energia que é jogada fora a cada ano pela queimada. De acordo com seus cálculos um hectare de cana com produtividade média de 70 toneladas de cana produz cerca de 10 toneladas de palha e ponteiros que, se não fossem queimados, poderiam gerar aproximadamente 21000 MCal. Esses valores são bastante próximos dos valores obtidos por CETESB(1985) e AGUILLAR(1989).

Uma vez que é sabido que está sendo jogada fora uma grande quantidade de energia, é preciso estudar um meio de evitar esse desperdício. Este foi o objetivo de EILAND(1983), LOPEZ(1987), HOWE e SREESANGKOM(1990) e MOLINA(1991) ao fazerem levantamentos do custo de recolhimento, transporte e processamento da palha. Nestes trabalhos, os autores conseguem mostrar que, quase sempre, pode-se gerar mais energia do que é consumida no processo. Entretanto, isso infelizmente não garante a economicidade da alternativa pois a energia que é consumida está fundamentalmente na forma de óleo diesel e a que é gerada na forma de energia elétrica cuja política de preços difere substancialmente da anterior.

Avançando ainda mais no sistema, ATCHISON(1977) apresenta diversas opções para a utilização do bagaço que seria liberado pela utilização nas caldeiras da palha recolhida no campo. Entre as diversas alternativas apontadas destacam-se a produção de papel e de papelão. Seguindo o mesmo raciocínio AYALA(1987) recomenda a utilização do bagaço ou da própria palha para a alimentação animal após sofrerem um processo de hidrólise.

Toda estas pesquisas são bastante interessantes mas não podemos esquecer que, no Brasil, cerca de 85% da cana produzida é cortada manualmente e que, segundo RÍPOLI(1990), o rendimento de corte da mão de obra cai de quase 10 toneladas de cana por homem-dia para aproximadamente 3 toneladas. Este fator se torna ainda mais grave quando percebemos que somente cerca de 45% da área de cana no Estado de São Paulo seriam mecanizáveis com as colhedoras existentes hoje no mercado (TOLEDO(1991)). Pode-se perguntar como, com o nível atual de tecnologia disponível, se conseguiria tornar as áreas não mecanizáveis viáveis economicamente se a queima dos canaviais fosse simplesmente proibida.

2.3. A alocação de recursos na pesquisa agrícola

Diversos estudos tem sido realizados visando definir uma metodologia para a alocação de recursos em pesquisa. A maior parte dos pesquisadores

procurou avaliar os centros de pesquisa como um todo, direcionando o orçamento anual para as pesquisas com maior probabilidade de retorno. A grande divergência existente entre as diversas linhas de pesquisa está, justamente, na definição do que seja o retorno de uma pesquisa.

KALDOR(1971),PAULSEN(1971) e HEADY(1971) defendem que os possíveis efeitos colaterais de uma pesquisa que fossem prejudiciais à sociedade deveriam ser considerados como parte do custo social pago para chegar ao efeito positivo ou benéfico dessa mesma pesquisa. Neste caso, o gasto público em pesquisa é considerado como um investimento feito pela sociedade visando aumentar o seu bem estar geral. O problema neste tipo de enfoque é que para determinar as pesquisas a serem realizadas necessita-se de uma função de bem estar social que contemple todos os fatores envolvidos com os resultados diretos ou indiretos das possíveis pesquisas a serem realizadas. Esta função é, no mínimo, de muito difícil obtenção.

PETERSON(1971), EVENSON(1971) e outros defendem, por outro lado, que a pesquisa já demonstrou sua capacidade de acelerar o crescimento nacional dos Estados Unidos e que o sistema relativamente descentralizado e pluralista de órgãos de financiamento foi fundamental neste sucesso não devendo, portanto, ser modificado. Entretanto, este tipo

de enfoque não maximiza a utilização dos recursos limitados aplicados à pesquisa.

Um terceiro ponto de vista, defendido por FISHEL(1971), PUTERBAUGH(1971) e MAHLSTEDE(1971), acredita que a utilização de uma metodologia mais formal e sistemática de fornecer informações às pessoas tomadoras de decisão poderia aperfeiçoar o sistema atualmente utilizado. TICHENOR e RUTTAN(1971) concluem que, seja qual for o critério utilizado para se alocar recursos em pesquisa, deve-se lembrar que estas metodologias precisam incentivar a criatividade pois dela depende a obtenção de resultados satisfatórios de pesquisas inovadoras.

Outros trabalhos procuraram analisar o direcionamento dado à pesquisa no passado e as consequências dessas decisões. Os trabalhos de GRILICHES(1964), que estudou os efeitos das despesas em pesquisa e educação na produção agrícola agregada, e o de AYER e SCHUH(1972), que avaliou o caso específico da pesquisa em algodão no Estado de São Paulo, são exemplos desses trabalhos. Este mesmo objetivo foi também seguido por HAYAMI e RUTTAN(1970a) em seu trabalho sobre o efeito dos preços dos fatores no desenvolvimento da agricultura nos Estados Unidos e no Japão, onde concluíram que as mudanças no "mix" de insumos utilizados no crescimento agrícola dos dois países estudados representavam um processo dinâmico de substituição de fatores de acordo com as mudanças

nos preços relativos dos fatores. Esta conclusão é muito importante pois mostra que, se pretendemos decidir qual direcionamento deve ser dado à pesquisa, devemos ter uma boa previsão de como vão se comportar os preços dos fatores no horizonte de tempo analisado. Não devemos esquecer, entretanto, que, para obter os resultados almejados, devemos considerar também os preços relativos dos produtos e subprodutos, reais ou possíveis, que possam ser gerados pela tecnologia em análise.

Um outro conceito utilizado para direcionar pesquisas é o utilizado por PIZYSIEZNIG(1987) que procurou primeiramente modelar o sistema de produção da cultura com que ele trabalhou, no caso o cacau, para depois analisar o impacto que teria a introdução de novas tecnologias no sistema. A partir daí, por uma análise de sensibilidade ele procurou definir qual seria o melhor direcionamento de pesquisas futuras de modo a atingir os melhores resultados possíveis no sistema de produção. Este tipo de enfoque é bastante interessante quando se deseja analisar uma cultura ou um sistema produtivo específico, ao invés de um centro de tecnologia ou toda a política de pesquisa de um país.

3. OBJETIVOS

O objetivo desta dissertação é auxiliar os centros de pesquisa na identificação das melhores linhas de pesquisa a serem seguidas para se chegar com maior rapidez e eficiência às melhores alternativas à queima de palha de cana através do desenvolvimento de um modelo matemático que simule o sistema agroindustrial da cana-de-açúcar.

3.1. Objetivos específicos

Pretende-se, neste trabalho, desenvolver um modelo de programação linear que permitirá a modelagem do sistema de produção de cana crua com a tecnologia disponível hoje. Com este modelo ter-se-á condições de avaliar a relevância de cada fator de produção no atual estágio de tecnologia. Este modelo visa ser a ferramenta que permitirá aos órgãos de pesquisa a realização de análises de sensibilidade visando a identificação do melhor direcionamento para novos experimentos através de simulações com diversas expectativas de resposta das tecnologias em estudo. Conforme novas pesquisas sejam iniciadas pode-se incorporar atividades ao sistema para incluí-las nas avaliações.

4. METODOLOGIA

4.1. Introdução

Este trabalho utilizará um modelo de programação matemática para avaliar a utilização de novas tecnologias de produção de cana-de-açúcar. Optou-se por esta abordagem pelas vantagens operacionais que ela traz como a mudança no "mix" de produtos ou nas relações estruturais. O modelo utilizado para representar o sistema de produção de cana-de-açúcar é um modelo simplificado que leva em consideração somente as atividades e restrições que diferem entre as diversas opções tecnológicas analisadas. Esta modelagem permite a inclusão de atividades e/ou restrições conforme novas tecnologias venham a ser estudadas.

4.2. Descrição do modelo

Foi adotado um horizonte de planejamento de 16 anos correspondente a dois ciclos de condução da cultura no ambiente de alta produção. Optou-se por um horizonte de pelo menos dois ciclos da cultura para garantir que todas as tecnologias tenham tempo suficiente para serem implementadas. Todas as atividades foram definidas como ocorrendo dentro de um período de um ano e podem ser seqüenciais ou concomitantes. O modelo permite

que o pesquisador determine a duração de cada ciclo em cada ambiente e também o número de ambientes a serem utilizados. O modelo adota um ciclo fixo de corte para cada um dos tipos de ambiente de produção considerados.

Cada ambiente de produção pode ser distribuído em qualquer número de faixas de distância da área agrícola até a usina. O modelo permite ainda que cada relação ambiente e distância seja distribuída em um número indeterminado de faixas de declividade. Para cada ambiente, faixa de distância e faixa de declividade assumiu-se a hipótese de que as áreas estariam uniformemente distribuídas entre os diversos estágios de corte adotados para aquele ambiente de produção.

O modelo visa avaliar a introdução de tecnologias na área atualmente plantada com cana-de-açúcar no Estado de São Paulo, não levando em consideração possíveis expansões ou diminuições dessa área. Deste modo está se considerando que o fator de produção terra já atingiu o seu limite máximo de utilização. Opcionalmente poder-se-ia utilizar uma curva de demanda por produtos finais como álcool, açúcar, bagaço, etc. Evitou-se utilizar este último enfoque neste trabalho devido à dificuldade existente em se conseguir uma previsão de demanda de longo prazo para estes produtos, principalmente o álcool. No presente modelo admitiu-se que toda a produção de cana será utilizada na fabricação de açúcar e álcool numa

proporção fixa para cada ano do horizonte de planejamento. Esta proporção pode ser estipulada pelo pesquisador quando da realização da simulação.

De modo geral o modelo assume que toda a área de cana a ser analisada será dividida em blocos. Cada bloco representará a área de cana existente em um determinado ambiente de produção, uma faixa de distância média até a unidade industrial a que pertence, uma faixa de declividade e a um estágio de corte específico. O modelo permite que cada um destes itens seja conforme o nível de interesse ou conhecimento do pesquisador. Cada bloco será conduzido durante todo o horizonte de planejamento sendo que somente o estágio de corte sofrerá alteração de ano para ano, assumindo o valor estabelecido pela definição de ciclo de corte de cada ambiente de produção.

O modelo exige que o pesquisador informe as produtividades e características tecnológicas (pol%cana, pureza do caldo e fibra%cana) para cada ambiente de produção e estágio de corte do ciclo definido para este ambiente. O modelo também necessita da informação da porcentagem de área já preparada para colheita mecanizada existente em cada bloco. Além disso, todos os valores estimados de rendimento de mão-de-obra, máquinas e valores de preços e custos precisam ser informados para cada nova atividade incluída no modelo.

4.2.1. Atividades

Para cada bloco definido pelo pesquisador as seguintes políticas poderão ser adotadas a cada ano, dependendo do estágio de corte em que o bloco se encontrar:

- **Blocos em reforma:**

- Plantio manual com incorporação de palha;
- Plantio manual sem incorporação de palha;
- Plantio mecânico com incorporação de palha;
- Plantio mecânico sem incorporação de palha;

- **Blocos em estágios com corte:**

- Colheita manual de cana queimada;
- Colheita mecânica de cana queimada;
- Colheita manual de cana crua com recolhimento da palha e venda do excedente de bagaço;
- Colheita manual de cana crua com recolhimento da palha, hidrólise do bagaço excedente e venda do bagaço hidrolisado;
- Colheita manual de cana crua com recolhimento da palha, cogeração de energia e venda de energia elétrica excedente para a rede;
- Colheita manual de cana crua sem recolhimento de palha;
- Colheita mecânica de cana crua com recolhimento da palha e venda do excedente de bagaço;

- Colheita mecânica de cana crua com recolhimento da palha, hidrólise do bagaço excedente e venda do bagaço hidrolisado;
- Colheita mecânica de cana crua com recolhimento da palha, cogeração de energia e venda de energia elétrica excedente para a rede;
- Colheita mecânica de cana crua sem recolhimento de palha.

Cada uma destas políticas representa um agrupamento de atividades que podem ou não serem realizadas a cada ano do horizonte de planejamento. Um custo ou receita está associado a cada atividade. O valor da função objetivo de uma determinada política em um determinado ano é o resultado da margem de contribuição da agroindústria da cana-de-açúcar calculada com os valores de custo e/ou receita às atividades formadoras desta política neste ano. O modelo permite que cada atividade tenha um valor de custo ou receita diferenciado para cada ano permitindo, deste modo, a análise do efeito da variação dos custos de produção ou nos preços dos produtos ao longo do tempo no uso de tecnologia. Esta facilidade é importante porque é esperado que o custo de produção de uma determinada atividade decresça à medida em que uma nova tecnologia se torne mais difundida. As atividades adotadas nesta versão do modelo assim como a unidade em que são medidas são mostradas na Tabela 1. A forma de modelagem adotada permite que novas atividades e/ou políticas sejam

incluídas tornando possível a rápida avaliação do potencial de uso de novas tecnologias no universo em estudo.

Tabela 1: Atividades utilizadas pelas diversas políticas do modelo e sua respectiva unidade.

Atividade	Unidade
Plantio manual	R\$/ha
Plantio mecanizado	R\$/ha
Incorporação da palha ao solo	R\$/ha
Queimar	R\$/ha
Custo assistência social	R\$/dia.homem
Custos adicionais	R\$/ha
Colheita mecanizada de cana queimada	R\$/t. cana
Colheita manual de cana queimada	R\$/t. cana
Colheita mecanizada de cana crua	R\$/t. cana
Colheita manual de cana crua	R\$/t. cana
Carregamento de cana colhida crua mecanicamente	R\$/t. cana
Carregamento de cana colhida crua manualmente	R\$/t. cana
Carregamento de cana colhida queimada mecanicamente	R\$/t. cana
Carregamento de cana colhida queimada manualmente	R\$/t. cana
Transporte de cana colhida crua mecanicamente	R\$/t. cana
Transporte de cana colhida crua manualmente	R\$/t. cana
Transporte de cana colhida queimada mecanicamente	R\$/t. cana
Transporte de cana colhida queimada manualmente	R\$/t. cana
Lavagem e Moagem de cana colhida crua mecanicamente	R\$/t. cana
lavagem e Moagem de cana colhida crua manualmente	R\$/t. cana

Tabela 1 (cont.): Atividades utilizadas pelas diversas políticas do modelo e sua respectiva unidade.

Atividade	Unidade
lavagem e moagem de cana colhida queimada mecanicamente	R\$/t. cana
lavagem e moagem de cana colhida queimada manualmente	R\$/t. cana
Fabricação do Açúcar	R\$/t. açúcar
Fabricação do Álcool	R\$/ m ³ de álcool
Recolhimento da palha	R\$/t. palha
Limpeza e preparo da palha na usina	R\$/t. palha
Cogeração de energia elétrica	R\$/KW
Hidrólise do bagaço	R\$/t. bagaço
Tratos culturais com palha	R\$/ha
Tratos culturais sem palha	R\$/ha
Venda do açúcar	R\$/t. açúcar standard
Venda do álcool	R\$/m ³ de álcool
Venda do bagaço	R\$/t. bagaço
Venda da energia elétrica	R\$/KW
Venda do bagaço hidrolisado	R\$/t. bagaço hidrolisado
Venda da torta de Filtro	R\$/t. torta
Venda da vinhaça	R\$/ m ³ de vinhaça

Outras variáveis foram incluídas no modelo visando representar a entrada e saída de máquinas e equipamentos ao longo do horizonte de planejamento. Novamente o modelo permite o uso de valores diferenciados dos custos de compra e da receita das vendas das máquinas para cada ano. A descrição dos tipos de máquinas e equipamentos com possibilidade de compra e/ou venda é mostrada na Tabela 2.

Tabela 2 : Atividades utilizadas pelas diversas políticas do modelo e sua respectiva unidade.

Equipamento	Unidade de compra ou Venda	Unidade de Processamento
Colhedoras de cana queimada	R\$	t. de cana/dia
Colhedoras de cana crua	R\$	t. de cana/dia
Recolhedoras de palha	R\$	T.de palha/dia
Plantadoras de cana	R\$	ha/dia
Fábrica de bagaço hidrolisado	R\$	t.bagaço/dia
Fábrica de cogeração de energia	R\$	t.bagaço/dia

4.2.2. Restrições do modelo

4.2.2.1. Recursos de área

A área especificada para cada bloco definido no modelo deve ser totalmente utilizada a cada ano por uma ou várias políticas disponíveis para aquele bloco naquele ano. A unidade adotada para esta restrição é hectares.

4.2.2.2. Recursos de mão-de-obra

A mão-de-obra é um fator decisivo quando se analisa a possibilidade de se adotar o corte de cana crua no Estado de São Paulo. A disponibilidade de mão-de-obra para corte é considerada levando-se em conta que o mínimo de mão-de-obra a ser utilizado será aquele necessário para o plantio que, com a tecnologia disponível atualmente, é um grande utilizador desse insumo. A utilização de mão-de-obra em um determinado ano deve ser menor ou igual à disponibilidade deste fator neste ano. Do

mesmo modo, a utilização deste insumo para este mesmo ano deve ser maior ou igual à necessidade de mão-de-obra para plantio neste mesmo ano. Para se conseguir este relacionamento dividiu-se a necessidade de mão-de-obra em dois períodos: safra e entre-safra. Toda a mão-de-obra utilizada em atividades relacionadas ao plantio é alocada na entre-safra e, por outro lado, toda a mão-de-obra alocada em outras atividades é alocada na safra. A unidade adotada nestas restrições é "dias.homem".

4.2.2.3. Disponibilidade de áreas para mecanização

O desenho dos talhões precisa ser modificado para permitir a entrada de colheita mecanizada. A modificação deste traçado só pode ser feito quando do plantio. Portanto, a área disponível para colheita mecanizada deve ser obrigatoriamente menor ou igual a área existente já adequada para colheita mecânica mais a área de plantio do ano anterior das áreas com declividade aceitável. A declividade aceitável pode ser especificada no modelo podendo variar durante o horizonte de planejamento. Em um determinado ano, um bloco específico deve estar dentro ou fora desta declividade limite, não podendo estar parcialmente dentro. Do ponto de vista prático o pesquisador deve definir os intervalos das faixas de declividade de modo a garantir que os limites de declividade adotados para cada ano coincidam com os extremos das faixas de declividade. A unidade adotada nesta restrição é "hectares".

4.2.2.4. Disponibilidade de colhedoras

Foi considerada uma restrição de disponibilidade máxima de colhedoras de cana criada pela capacidade limitada de produção das montadoras. A utilização de colhedoras em um determinado ano deverá ser menor ou igual a disponibilidade destas máquinas para aquele ano. Visto que muitas pesquisas vem sendo realizadas visando o aperfeiçoamento destas máquinas o rendimento e o custo de operação das mesmas colocado na função objetivo pode ser variável de ano para ano, refletindo a evolução tecnológica dos equipamentos. A unidade adotada para esta restrição é "dias.máquina".

4.2.2.5. Disponibilidade de plantadoras

Ainda não existem plantadoras de cana disponíveis no mercado mas muitas pesquisas no desenvolvimento deste implemento vêm sendo feitas. Por esta razão optou-se pela inclusão desta restrição para permitir a avaliação do impacto deste equipamento no sistema produtivo, principalmente com relação à utilização de mão-de-obra. A utilização de plantadoras a cada ano deverá ser menor ou igual à sua disponibilidade para aquele ano. Do mesmo modo que para as colhedoras o modelo permite a compra ou venda de plantadoras durante o horizonte de planejamento. A unidade adotada nesta restrição é "dias.máquina".

4.2.2.6. Disponibilidade de recolhedoras de palha

Como acontece com as plantadoras ainda não existem recolhedoras de palha disponíveis no mercado mas muitas pesquisas no desenvolvimento deste implemento vem sendo feitas. Por esta razão optou-se pela inclusão de mais esta restrição. A utilização de recolhedoras de palha a cada ano deverá ser menor ou igual a sua disponibilidade para aquele ano. Do mesmo modo que para as colhedoras e plantadoras o modelo permite a compra ou venda de recolhedoras durante o horizonte de planejamento. A unidade adotada nesta restrição é "dias.máquina".

4.2.2.7. Fabricação de Colhedoras

O número de colhedoras de cana crua e queimada compradas a cada ano não pode ser maior do que a capacidade de fabricação anual destas máquinas. A capacidade de fabricação pode variar de ano para ano, assim como o seu custo de compra. Esta restrição atualiza a variável de compra de colhedoras que por sua vez aumenta a disponibilidade de colhedoras para corte de cana crua ou queimada para o ano em questão e para os seguintes. A unidade adotada nesta restrição é "número de máquinas".

4.2.2.8. Fabricação de plantadoras

A fabricação de plantadoras segue o mesmo princípio da fabricação de colhedoras.

4.2.2.9. Fabricação de recolhedoras de palha

A fabricação de recolhedoras de palha também segue o mesmo princípio da fabricação de colhedoras e plantadoras.

4.2.2.10. Introdução de fábrica de hidrólise

A capacidade de produção de bagaço hidrolisado depende da disponibilidade atual de equipamentos para hidrólise do bagaço e da implantação de novos equipamentos. Esta restrição atualiza a variável inteira de introdução de novas fábricas de hidrólise. A unidade adotada nesta restrição é "t.de bagaço".

4.2.2.11. Introdução de fábrica de cogeração de energia elétrica

A introdução de fábricas de cogeração de energia elétrica obedece às mesmas diretrizes da introdução de fábricas de hidrólise. A unidade adotada nesta restrição também é "t.de bagaço".

4.2.2.12. Relacional de incorporação

Esta restrição visa relacionar as políticas de plantio com incorporação de palha com a obrigatoriedade do bloco ter sido cortado como cana crua sem recolhimento de palha no ano anterior.

4.2.3. Função objetivo

A função objetivo a ser maximizada medirá o valor presente líquido do fluxo de caixa gerado no horizonte de 16 anos que está sendo considerado. O modelo permite que se adote uma taxa de juros diferenciada para cada ano do horizonte de planejamento, sendo o valor presente líquido calculado para o ano 0.

4.2.4. Dados necessários

O modelo necessita de uma série de informações para calcular a margem de contribuição a ser alocada na função objetivo, assim como de outras que irão determinar os coeficientes e os "Right Hand Side (RHS)" que serão colocados nas restrições. A Tabela 3 complementa a Tabela 1, mostrando o restante das informações necessárias e suas respectivas unidades para o cálculo da função objetivo e coeficientes das restrições. Estas informações dizem respeito, principalmente, à eficiência dos equipamentos ou processos envolvidos em cada uma das atividades realizadas para cada política. A Tabela 4 mostra os itens de preços e custos necessários para o cálculo da função objetivo. As informações necessárias para o preenchimento dos "RHS" das restrições são apontados na Tabela 5.

Tabela 3 : Informações necessárias para o cálculo da função objetivo e para o preenchimento dos coeficientes das restrições

Informação	Unidade
Pol do bagaço	% do bagaço
Pol da torta	% da torta
Perda de pol na fabricação de açúcar	% da pol
Perda de pol na fabricação de álcool	% da pol
Pol da vinhaça	% da vinhaça
Umidade do bagaço	% do bagaço
Produção de torta	t. torta/t. cana
Fração usina/destilaria	pol para a Produção açúcar/Pol total
Pol do melaço	% do melaço
Produção de melaço	t. melaço/t. cana
Produção de vinhaça	l. vinhaça/l. álcool
Açúcares redutores	t. Aç.red./t. pol
Juros	% ao ano
Perda pol moagem cana cortada crua mecanicamente	% de pol
Perda de pol na moagem de cana cortada crua manualmente	% de pol
Perda de pol na moagem de cana cortada queimada mecanicamente	% de pol
Perda de pol na moagem de cana cortada queimada manualmente	% de pol
Perda de pol na lavagem de cana crua cortada mecanicamente	% de pol
Perda de pol na lavagem de cana crua cortada manualmente	% de pol
Perda de pol na lavagem de cana queimada cortada mecanicamente	% de pol
Perda de pol na lavagem de cana queimada cortada manualmente	% de pol

Tabela 3 (cont.): Informações necessárias para o cálculo da função objetivo e para o preenchimento dos coeficientes das restrições.

Informação	Unidade
Perda de cana na lavoura com cana cortada crua mecanicamente	% de cana
Perda de cana na lavoura com cana cortada crua manualmente	% de cana
Perda de cana na lavoura com cana cortada queimada mecanicamente	% de cana
Perda de cana na lavoura com cana cortada queimada manualmente	% de cana
Perda de cana no corte com cana cortada crua mecanicamente	% de cana
Perda de cana no corte com cana cortada crua manualmente	% de cana
Perda de cana no corte com cana cortada queimada mecanicamente	% de cana
Perda de cana no corte com cana cortada queimada manualmente	% de cana
Perda de cana no carregamento com cana cortada crua mecanicamente	% de cana
Perda de cana no carregamento com cana cortada crua manualmente	% de cana
Perda de cana no carregamento com cana cortada queimada mecanicamente	% de cana
Perda de cana no carregamento com cana cortada queimada manualmente	% de cana
Perda de cana no transporte com cana cortada crua mecanicamente	% de cana
Perda de cana no transporte com cana cortada crua manualmente	% de cana

Tabela 3 (cont.): Informações necessárias para o cálculo da função objetivo e para o preenchimento dos coeficientes das restrições

Informação	Unidade
Perda de cana no transporte com cana cortada queimada mecanicamente	% de cana
Perda de cana no transporte com cana cortada queimada manualmente	% de cana
Rendimento da produção de bagaço hidrolisado	t.bagaço hidrolisado/t. bagaço
Rendimento da produção de energia elétrica	Kw/t.bagaço
Exigência de fibra para processamento	% de fibra mínima
Rendimento da mão-de-obra no corte manual de cana queimada	t/dia.homem
Rendimento da mão-de-obra no corte manual de cana crua	t/dia.homem
Rendimento da mão-de-obra no corte mecânico de cana queimada	t/dia.homem
Rendimento da mão-de-obra no corte mecânico de cana crua	t/dia.homem
Rendimento da mão-de-obra no plantio manual	t/dia.homem
Rendimento da mão-de-obra no plantio mecânico	t/dia.homem
Rendimento da máquina no plantio mecânico	t/dia.máquina
Rendimento da máquina no corte mecânico de cana queimada	t/dia.máquina
Rendimento da máquina no corte mecânico de cana crua	t/dia.máquina
Rendimento da máquina no recolhimento de palha	t/dia.máquina
Rendimento da mão-de-obra no recolhimento mecânico de palha	t/dia.homem
Rendimento da mão-de-obra na queima do canavial	ha/dia.homem
Capacidade de processamento de uma fábrica de bagaço hidrolisado	t. de bagaço/dia
Capacidade de processamento de uma fábrica de cogeração	t. de bagaço/dia

Tabela 4 : Equipamentos e produtos com possibilidade de compra e/ou venda ao longo do horizonte de planejamento e suas respectivas unidades

Equipamento	Unidade
Colhedoras de cana queimada	R\$
Colhedoras de cana crua	R\$
Recolhedoras de palha	R\$
Plantadoras de cana	R\$
Fábrica de bagaço hidrolisado	R\$
Fábrica de cogeração de energia	R\$
Preço do açúcar	R\$/t. açúcar standard
Preço do álcool	R\$/m ³ de álcool
Preço do bagaço	R\$/t. bagaço
Preço da energia elétrica	R\$/KW
Preço do bagaço hidrolisado	R\$/t. bagaço hidrolisado
Preço da Torta de Filtro	R\$/t. torta
Preço da Vinhaça	R\$/ m ³ de vinhaça

Tabela 5 : Informações necessárias para preenchimento dos "RHS"

Item	Unidade
Disponibilidade de mão-de-obra na safra	Homems
Disponibilidade de colhedoras de cana queimada	Máquinas
disponibilidade de colhedoras de cana crua	Máquinas
disponibilidade de plantadoras	Máquinas
Disponibilidade de recolhedoras de palha	Máquinas
Capacidade de fabricação de colhedoras de cana queimada	Máquinas/ano
Capacidade de fabricação de colhedoras de cana crua	Máquinas/ano
Capacidade de fabricação de plantadoras	Máquinas/ano
Capacidade de fabricação de recolhedoras de palha	Máquinas/ano
Disponibilidade de mão-de-obra na entre-safra	Homems

4.2.5. Descrição matemática do modelo

A terminologia adotada para formulação do modelo matemático é mostrada a seguir.

n = número de anos do horizonte de planejamento;

N = número de blocos homogêneos (no mesmo ambiente, na mesma faixa de distância e no mesmo estágio de corte);

T_{ij} = número de tecnologias diferentes definidas para o bloco i no ano j ;

A_i = Área em hectares do bloco homogêneo i ;

M_{kj} = número de máquinas colhedoras disponíveis para a tecnologia k no ano j ;

O_j = número de máquinas plantadoras disponíveis no ano j ;

D_{ij} = área disponível para colheita mecânica no bloco i no ano j ;

L_{ij} = área disponível para plantio mecânico no bloco i no ano j ;

R_{ikj} = número de colhedoras necessárias para colher um hectare no bloco homogêneo i , com a tecnologia k no ano j ;

P_{ij} = número de plantadoras necessárias para plantar um hectare no bloco homogêneo i , no ano j ;

B_j = mão-de-obra disponível (homens.dia) no ano j ;

E_{ikj} = número de homens.dia necessárias para cortar um hectare no bloco i na tecnologia k no ano j ;

Q_j =mão-de-obra necessária para plantio de cana no ano j ;

X_{ikj} = Área em hectares do bloco homogêneo i conduzido pela tecnologia k no ano j ;

C_{ikj} = valor presente líquido, por hectare, do bloco homogêneo i utilizando a tecnologia k no ano j ;

O modelo matemático pode ser descrito da seguinte maneira:

$$(\max)Z = \sum_{i=1}^N \sum_{k=1}^T \sum_{j=1}^n C_{ikj} * X_{ikj} \quad (1)$$

Sujeito às seguintes restrições para cada um dos anos de planejamento:

Disponibilidade de área dos blocos homogêneos:

$$\sum_{k=1}^T X_{ikj} = A_{ij} \quad (2)$$

Disponibilidade de área para mecanização:

$$\sum_{i=1}^N (X_{ikj} * R_{ikj}) \leq M_{ij} \quad (3)$$

Disponibilidade de mão-de-obra:

$$\sum_{i=1}^N (X_{ikj} * E_{ikj}) \leq B_j \quad (4)$$

$$\sum_{i=1}^N (X_{ikj} * E_{ikj}) \geq Q_j \quad (5)$$

Disponibilidade de colhedoras:

$$\sum_{i=1}^N \sum_{k=1}^T (X_{ikj} * R_{ikj}) \leq M_{kj} \quad (6)$$

Restrição de declividade:

$$\sum_{i=1}^N (X_{ikj}) \leq D_j \quad (7)$$

$$\sum_{i=1}^N (X_{ikj}) \leq L_j \quad (8)$$

Disponibilidade de plantadoras:

$$\sum_{i=1}^N (X_{ikj} * P_{ikj}) \leq O_j \quad (9)$$

4.2.6. Dimensionamento do modelo

A dimensão da matriz de programação linear definida pelo modelo descrito pode ser obtida segundo as equações descritas a seguir.

•Número de variáveis:

$$\left(N * \left(P * \left(\frac{1}{E} \right) + C * \left(\frac{(E-1)}{E} \right) \right) + 2 * M \right) * A \quad (10)$$

onde:

N = número de blocos definidos;

P = número de políticas definidas para plantio;

C = número de políticas definidas para corte;

E = número de estagios de corte médio definido para os ambientes;

A = número de anos do horizonte de planejamento;

M = número de tipos de máquina definido.

•Número de restrições:

Área: $N * A$;

Mão-de-obra na safra: A ;

Mão-de-obra no plantio: A ;

Disponibilidade de máquinas : $M * A$;

Disponibilidade para mecanização: $N * A$;

Fabricação de Máquinas: $M * A$;

Introdução de fábricas: $F * A$;

Relacional de incorporação: $\left(\frac{N}{E}\right) * A$;

$$\text{Total de restrições: } A * \left(2 + 2 * M + F + N * \left(\frac{2 * E + 1}{E} \right) \right) \quad (11)$$

onde:

N = número de blocos definidos;

M = número de tipos de máquina definido;

F = número de tipos de fábrica definido;

E = número de estágios de corte médios definidos para os ambientes;

A = número de anos do horizonte de planejamento.

5. VALIDAÇÃO DO MODELO

5.1. Pressuposições adotadas

Para validar o modelo foi realizada uma simulação procurando avaliar a evolução do sistema produtivo atual do Estado de São Paulo, sem a implantação de nenhuma tecnologia alternativa em estudo. Para tanto a disponibilidade de máquinas ainda não existentes comercialmente está sendo determinada como zero para todo o horizonte de planejamento. Do mesmo modo os preços e custos utilizados assim como os rendimentos operacionais não se alteram durante o horizonte de planejamento.

Para representar o Estado de São Paulo foram adotados três tipos de ambiente de produção. O ambiente de produção 1 englobaria as áreas de alta expectativa de produção e teriam um ciclo de colheita representado por um ano sem colheita denominado de plantio e 7 anos consecutivos de corte quando então o ciclo se repetiria. O ambiente de produção 2 representaria as áreas de expectativa média de produção e teria um ciclo representativo de um ano de plantio seguido de 5 anos de corte. Finalmente, o ambiente de produção 3 representaria as áreas de baixa expectativa de produção e teria um ciclo de um ano de plantio e 4 anos de corte.

Cada ambiente de produção foi distribuído dentro de 6 faixas de distância da área agrícola até a usina, a saber: de 0 a 10 Km; de 10 a 20 Km; de 20 a 30 Km; de 30 a 40 Km; de 40 a 50 Km; e de 50 Km a 60 Km. Para cada conjunto de ambiente e faixa de distância alocou-se a área representativa de 4 faixas de declividade. Estas faixas de declividade foram definidas de acordo com a expectativa de adaptação do funcionamento das colhedoras. As faixas definidas foram: $\leq 8\%$; $> 8\%$ e $\leq 13\%$; $> 13\%$ e $\leq 20\%$; e $> 20\%$. Para cada faixa de distância e ambiente assumiu-se a hipótese de que as áreas estariam uniformemente distribuídas entre os diversos estágios de corte adotados para aquele ambiente de produção. A cada conjunto de ambiente, faixa de distância, faixa de declividade e estágio damos o nome de bloco. Foram determinadas produtividades e características tecnológicas para cana queimada e para cana crua a cada estágio de corte em cada tipo de ambiente.

Como ponto inicial será considerada a situação que consiste em 80% da área de corte sendo colhida manualmente a cana queimada e 20% da área de corte sendo colhida mecanicamente a cana queimada.

5.2. Dados utilizados

Os dados de produtividade, pol, fibra, e pureza foram retirados dos recenseamentos feitos pelo Centro de Tecnologia Copersucar de 1989 a 1993 junto às usinas e destilarias do Estado de São Paulo. Este censo abrange cerca de 500 mil hectares por ano. As expectativas de rendimento operacional e retorno econômico foram feitas com base nos levantamentos feitos pelo Centro de Tecnologia Copersucar junto às unidades cooperadas. Os preços e custos utilizados estão em Reais de outubro/94.

Para o ano inicial de planejamento serão utilizados os seguintes valores para as atividades conforme mostra a Tabela 6. Algumas observações devem ser feitas com relação aos custos calculados. Primeiramente, o custo de corte manual leva em consideração um rendimento médio de 9 toneladas de cana por homem por dia para a cana queimada e 3 toneladas de cana por homem por dia para a cana colhida sem queimar. Em segundo lugar, o custo de tratos culturais com palha engloba um custo mais alto das operações mecânicas e a redução do custo de aplicação de herbicidas. E, finalmente, que o custo de lavagem e moagem é um pouco mais elevado na cana crua colhida mecanicamente devido à maior quantidade de impurezas vegetais existentes neste sistema.

Os preços de compra ou venda de equipamentos e produtos utilizados para o horizonte de planejamento serão os apresentados na Tabela 7.

Tabela 6 : Atividades utilizadas pelas diversas políticas do modelo e seu respectivo custo.

Atividade	Valor	Unidade
Plantio manual	800.00	R\$/ha
Plantio mecanizado	750.00	R\$/ha
Incorporação da palha ao solo	20.00	R\$/ha
Queimar	0.50	R\$/ha
Assistência social	1.00	R\$/dia.homem
Atividades adicionais	0.00	R\$/ha
Colheita mecanizada de cana queimada	2.0	R\$/t. cana
Colheita manual de cana queimada	1.76	R\$/t. cana
Colheita mecanizada de cana crua	3.2	R\$/t. cana
Colheita manual de cana crua	4.3	R\$/t. cana
Carregamento de cana colhida crua mecanicamente	0.00	R\$/t. cana
Carregamento de cana colhida crua manualmente	0.70	R\$/t. cana
Carregamento de cana colhida queimada mecanicamente	0.00	R\$/t. cana
Carregamento de cana colhida queimada manualmente	0.56	R\$/t. cana
Transporte de cana colhida crua mecanicamente	0.08	R\$/t. cana.km
Transporte de cana colhida crua manualmente	0.04	R\$/t. cana.km
Transporte de cana colhida queimada mecanicamente	0.06	R\$/t. cana.km
Transporte de cana colhida queimada manualmente	0.05	R\$/t. cana.km
Lavagem e Moagem de cana colhida crua mecanicamente	1.30	R\$/t. cana
Lavagem e Moagem de cana colhida crua manualmente	1.00	R\$/t. cana
Lavagem e moagem de cana colhida queimada mecanicamente	1.20	R\$/t. cana

Tabela 6 (cont.) : Atividades utilizadas pelas diversas políticas do modelo e seu respectivo custo.

Atividade	Valor	Unidade
Lavagem e moagem de cana colhida queimada manualmente	1.10	R\$/t. cana
Fabricação do Açúcar	56.00	R\$/t. açúcar
Fabricação do Alcool	84.00	R\$/ m ³ de álcool
Recolhimento da palha	20.00	R\$/t. palha
Limpeza e preparo da palha na usina	3.00	R\$/t. palha
Cogeração de energia elétrica	25.00	R\$/MW.h
Hidrólise do bagaço	5.00	R\$/t. bagaço
Tratos culturais com palha	200.00	R\$/ha
Tratos culturais sem palha	265.00	R\$/ha

Tabela 7 : Preço de compra e/ou venda de equipamentos e produtos utilizados ao longo do horizonte de planejamento.

Equipamento	Compra	Venda	Unidade
Colhedoras de cana queimada	150000.00	20000.00	R\$
Colhedoras de cana crua	200000.00	20000.00	R\$
Recolhedoras de palha	50000.00	10000.00	R\$
Plantadoras de cana	100000.00	15000.00	R\$
Fábrica de bagaço hidrolisado	500000.00		R\$
Fábrica de cogeração de energia	8000000.00		R\$
Preço do açúcar		153.00	R\$/t. açúcar standard
Preço do álcool		238.00	R\$/m ³ de álcool
Preço do bagaço		6.00	R\$/t. bagaço
Preço da energia elétrica		14.00	R\$/MW.h
Preço do bagaço hidrolisado		15.00	R\$/t. bagaço hidrolisado
Preço da Torta de Filtro		0.00	R\$/t. torta
Preço da Vinhaça		0.00	R\$/ m ³ de vinhaça

Os rendimentos agrícolas e industriais adotados para cada atividade são mostrados na Tabela 8. Estes rendimentos irão determinar os coeficientes a serem utilizados nas restrições. A Tabela 9 mostra os valores adotados como disponibilidade de mão-de-obra e máquinas que serão utilizados nos "RHS" das restrições.

Tabela 8 : Valores utilizados para o cálculo da função objetivo e para o preenchimento dos coeficientes das restrições.

Informação	Valor	Unidade
Pol do bagaço	3.0	% do bagaço
Pol da torta	0.7	% da torta
Perda de pol na fabricação de açúcar	2.5	% da pol
Perda de pol na fabricação de álcool	1.0	% da pol
Pol da vinhaça	0.35	% da vinhaça
Umidade do bagaço	50.0	% do bagaço
Produção de torta	.04	t.torta/t.cana
Fração usina/destilaria	0.33	pol para a Produção açúcar/Pol total
Pol do melaço	39.45	% do melaço
Produção de melaço	0.3942	t. melaço/t. cana
Produção de vinhaça	13.0	l. vinhaça/l. álcool
Açúcares redutores	0.05	t. Ac.red./t. pol
Juros	12.0	% ao ano
Perda pol moagem cana cortada crua mecanicamente	0.01	% de pol
Perda de pol na moagem de cana cortada crua manualmente	0.01	% de pol
Perda de pol na moagem de cana cortada queimada mecanicamente	0.01	% de pol
Perda de pol na moagem de cana cortada queimada manualmente	0.01	% de pol

Tabela 8 (cont.) : Valores utilizados para o cálculo da função objetivo e para o preenchimento dos coeficientes das restrições.

Informação	Valor	Unidade
Perda de pol na lavagem de cana crua cortada mecanicamente	1.99	% de pol
Perda de pol na lavagem de cana crua cortada manualmente	1.99	% de pol
Perda de pol na lavagem de cana queimada cortada mecanicamente	1.99	% de pol
Perda de pol na lavagem de cana queimada cortada manualmente	1.99	% de pol
Perda de cana na lavoura com cana cortada crua mecanicamente	0.0	% de cana
Perda de cana na lavoura com cana cortada crua manualmente	0.0	% de cana
Perda de cana na lavoura com cana cortada queimada mecanicamente	0.0	% de cana
Perda de cana na lavoura com cana cortada queimada manualmente	0.0	% de cana
Perda de cana no corte com cana cortada crua mecanicamente	0.0	% de cana
Perda de cana no corte com cana cortada crua manualmente	0.0	% de cana
Perda de cana no corte com cana cortada queimada mecanicamente	0.0	% de cana
Perda de cana no corte com cana cortada queimada manualmente	0.0	% de cana
Perda de cana no carregamento com cana cortada crua mecanicamente	0.0	% de cana
Perda de cana no carregamento com cana cortada crua manualmente	0.0	% de cana

Tabela 8 (cont.): Valores utilizados para o cálculo da função objetivo e para o preenchimento dos coeficientes das restrições.

Informação	Valor	Unidade
Perda de cana no carregamento com cana cortada queimada mecanicamente	0.0	% de cana
Perda de cana no carregamento com cana cortada queimada manualmente	0.0	% de cana
Perda de cana no transporte com cana cortada crua mecanicamente	0.0	% de cana
Perda de cana no transporte com cana cortada crua manualmente	0.0	% de cana
Perda de cana no transporte com cana cortada queimada mecanicamente	0.0	% de cana
Perda de cana no transporte com cana cortada queimada manualmente	0.0	% de cana
Rendimento da produção de bagaço hidrolisado	0.7	t.bagaço hidrolisado/t. bagaço
Rendimento da produção de energia elétrica	0.5	MW/t.bagaço
Exigência de fibra para processamento	12.0	% de fibra mínima
Rendimento da mão-de-obra no corte manual de cana queimada	9.0	t/dia.homem
Rendimento da mão-de-obra no corte manual de cana crua	3.0	t/dia.homem
Rendimento da mão-de-obra no corte mecânico de cana queimada	150.0	t/dia.homem
Rendimento da mão-de-obra no corte mecânico de cana crua	100.0	t/dia.homem
Rendimento da mão-de-obra no plantio manual	0.1	ha/dia.homem
Rendimento da mão-de-obra no plantio mecânico	0.8	ha/dia.homem

Tabela 8 (cont.): Valores utilizados para o cálculo da função objetivo e para o preenchimento dos coeficientes das restrições.

Informação	Valor	Unidade
Rendimento da máquina no plantio mecânico	3.6	ha/dia.máquina
Rendimento da máquina no corte mecânico de cana queimada	450	t/dia.máquina
Rendimento da máquina no corte mecânico de cana crua	300	t/dia.máquina
Rendimento da máquina no recolhimento de palha	400	t/dia.máquina
Rendimento da mão-de-obra no recolhimento mecânico de palha	100	t/dia.homem
Rendimento da mão-de-obra na queima do canavial	20	ha/dia.homem
Capacidade de processamento de uma fábrica de bagaço hidrolisado	500	t. de bagaço/dia
Capacidade de processamento de uma fábrica de cogeração	2000000	t. de bagaço/dia

Tabela 9 : Valores utilizados para preenchimento dos "RHS".

Ítem	Valor	Unidade
Disponibilidade de mão-de-obra na safra	100000	Homems
Disponibilidade de colhedoras de cana queimada	300	Máquinas
disponibilidade de colhedoras de cana crua	20	Máquinas
disponibilidade de plantadoras	0	Máquinas
Disponibilidade de recolhedoras de palha	0	Máquinas
Capacidade de fabricação de colhedoras de cana queimada	50	Máquinas/ano
Capacidade de fabricação de colhedoras de cana crua	20	Máquinas/ano
Capacidade de fabricação de plantadoras	0	Máquinas/ano
Capacidade de fabricação de recolhedoras de palha	0	Máquinas/ano
Disponibilidade de mão-de-obra na entre-safra	100000	Homens

Para cada ambiente e estágio de corte foram definidos produtividades e características tecnológicas médias para cana colhida crua e cana colhida queimada. Os valores estimados para estes fatores são mostrados na Tabela 10 e Tabela 11. A produtividade utilizada é ligeiramente maior para a cana crua devido à perda de água provocada pela queima do canavial. Além disto, a pol%cana da cana crua ainda está sendo considerada maior do que a da cana queimada pelo fato da queima provocar a exudação de grande quantidade de sacarose. Finalmente, a Tabela 12 mostra uma listagem da área de cana do Estado de São Paulo, e sua respectiva produção, subdividida em blocos definidos para a simulação assim como a sua respectiva área e produção de cana.

Tabela 10 : Produtividades e características tecnológicas adotadas para cana queimada para todo o horizonte de planejamento.

Fertilidade	Estágio	t.cana/ha	Pol%cana	Fibra	Pureza
Alta	Plantio				
Alta	Corte 1	121	14.5	13.2	88
Alta	Corte2	105	14.1	13.0	88
Alta	Corte 3	92	14.1	13.0	88
Alta	Corte 4	85	14.1	13.0	88
Alta	Corte 5	80	14.1	13.0	88
Alta	Corte 6	75	14.1	13.0	88
Alta	Corte 7	68	14.1	13.0	88
Média	Plantio				
Média	Corte 1	105	14.4	13.3	86
Média	Corte 2	88	14.0	13.2	86
Média	Corte 3	79	14.0	13.2	86
Média	Corte 4	70	14.0	13.2	86
Média	Corte 5	59	14.0	13.2	86
Baixa	Plantio				
Baixa	Corte 1	89	14.4	13.5	84
Baixa	Corte 2	70	13.9	13.4	84
Baixa	Corte 3	58	13.9	13.4	84
Baixa	Corte 4	47	13.9	13.4	84

Tabela 11 : Produtividades e características tecnológicas adotadas para cana crua para todo o horizonte de planejamento.

Fertilidade	Estágio	T.cana/ha	Pol%cana	Fibra	Pureza
Alta	Plantio				
Alta	Corte 1	125	14.7	13.2	88
Alta	Corte2	108	14.3	13.0	88
Alta	Corte 3	96	14.3	13.0	88
Alta	Corte 4	88	14.3	13.0	88
Alta	Corte 5	83	14.3	13.0	88
Alta	Corte 6	77	14.3	13.0	88
Alta	Corte 7	70	14.3	13.0	88
Média	Plantio				
Média	Corte 1	108	14.6	13.3	86
Média	Corte 2	91	14.2	13.2	86
Média	Corte 3	82	14.2	13.2	86
Média	Corte 4	72	14.2	13.2	86
Média	Corte 5	61	14.2	13.2	86
Baixa	Plantio				
Baixa	Corte 1	92	14.5	13.5	84
Baixa	Corte 2	73	14.0	13.4	84
Baixa	Corte 3	60	14.0	13.4	84
Baixa	Corte 4	49	14.0	13.4	84

Tabela 12 : Divisão da área com cana de açúcar no Estado de São Paulo em blocos de acordo com a expectativa de fertilidade, declividade, distância e estágio de corte

BLOCO	ÁREA	%MECAN.	DECLIVIDADE	DISTÂNCIA	ESTÁGIO FERTILID.
0001	18102.15	38	<=8%	DE 00 A <10 KM	PLANTIO ALTA
0002	21151.35	38	<=8%	DE 10 A <20 KM	PLANTIO ALTA
0003	7053.75	38	<=8%	DE 20 A <30 KM	PLANTIO ALTA
0004	1742.4	38	<=8%	DE 30 A <40 KM	PLANTIO ALTA
0005	1450.35	38	<=8%	DE 40 A <50 KM	PLANTIO ALTA
0007	2011.35		>8% A <=13%	DE 00 A <10 KM	PLANTIO ALTA
0008	2350.15		>8% A <=13%	DE 10 A <20 KM	PLANTIO ALTA
0009	783.75		>8% A <=13%	DE 20 A <30 KM	PLANTIO ALTA
0010	193.6		>8% A <=13%	DE 30 A <40 KM	PLANTIO ALTA
0011	161.15		>8% A <=13%	DE 40 A <50 KM	PLANTIO ALTA
0013	2011.35		>13% A <=20%	DE 00 A <10 KM	PLANTIO ALTA
0014	2350.15		>13% A <=20%	DE 10 A <20 KM	PLANTIO ALTA
0015	783.75		>13% A <=20%	DE 20 A <30 KM	PLANTIO ALTA
0016	193.6		>13% A <=20%	DE 30 A <40 KM	PLANTIO ALTA
0017	161.15		>13% A <=20%	DE 40 A <50 KM	PLANTIO ALTA
0019	1508.51		>20%	DE 00 A <10 KM	PLANTIO ALTA
0020	1762.61		>20%	DE 10 A <20 KM	PLANTIO ALTA
0021	587.81		>20%	DE 20 A <30 KM	PLANTIO ALTA
0022	145.2		>20%	DE 30 A <40 KM	PLANTIO ALTA
0023	120.86		>20%	DE 40 A <50 KM	PLANTIO ALTA
0025	18102.15	38	<=8%	DE 00 A <10 KM	CORTE 1 ALTA
0026	21151.35	38	<=8%	DE 10 A <20 KM	CORTE 1 ALTA
0027	7053.75	38	<=8%	DE 20 A <30 KM	CORTE 1 ALTA
0028	1742.4	38	<=8%	DE 30 A <40 KM	CORTE 1 ALTA
0029	1450.35	38	<=8%	DE 40 A <50 KM	CORTE 1 ALTA
0031	2011.35		>8% A <=13%	DE 00 A <10 KM	CORTE 1 ALTA

Tabela 12 (cont.): Divisão da área com cana de açúcar no Estado de São Paulo em blocos de acordo com a expectativa de fertilidade, declividade, distância e estágio de corte distância e estágio de corte.

BLOCO	ÁREA	%MECAN.	DECLIVIDADE	DISTÂNCIA	ESTÁGIO	FERTILID.
0032	2350.15		>8% A <=13%	DE 10 A <20 KM	CORTE 1	ALTA
0033	783.75		>8% A <=13%	DE 20 A <30 KM	CORTE 1	ALTA
0034	193.6		>8% A <=13%	DE 30 A <40 KM	CORTE 1	ALTA
0035	161.15		>8% A <=13%	DE 40 A <50 KM	CORTE 1	ALTA
0037	2011.35		>13% A <=20%	DE 00 A <10 KM	CORTE 1	ALTA
0038	2350.15		>13% A <=20%	DE 10 A <20 KM	CORTE 1	ALTA
0039	783.75		>13% A <=20%	DE 20 A <30 KM	CORTE 1	ALTA
0040	193.6		>13% A <=20%	DE 30 A <40 KM	CORTE 1	ALTA
0041	161.15		>13% A <=20%	DE 40 A <50 KM	CORTE 1	ALTA
0043	1508.51		>20%	DE 00 A <10 KM	CORTE 1	ALTA
0044	1762.61		>20%	DE 10 A <20 KM	CORTE 1	ALTA
0045	587.81		>20%	DE 20 A <30 KM	CORTE 1	ALTA
0046	145.2		>20%	DE 30 A <40 KM	CORTE 1	ALTA
0047	120.86		>20%	DE 40 A <50 KM	CORTE 1	ALTA
0049	18102.15	38	<=8%	DE 00 A <10 KM	CORTE 2	ALTA
0050	21151.35	38	<=8%	DE 10 A <20 KM	CORTE 2	ALTA
0051	7053.75	38	<=8%	DE 20 A <30 KM	CORTE 2	ALTA
0052	1742.4	38	<=8%	DE 30 A <40 KM	CORTE 2	ALTA
0053	1450.35	38	<=8%	DE 40 A <50 KM	CORTE 2	ALTA
0055	2011.35		>8% A <=13%	DE 00 A <10 KM	CORTE 2	ALTA
0056	2350.15		>8% A <=13%	DE 10 A <20 KM	CORTE 2	ALTA
0057	783.75		>8% A <=13%	DE 20 A <30 KM	CORTE 2	ALTA
0058	193.6		>8% A <=13%	DE 30 A <40 KM	CORTE 2	ALTA
0059	161.15		>8% A <=13%	DE 40 A <50 KM	CORTE 2	ALTA
0061	2011.35		>13% A <=20%	DE 00 A <10 KM	CORTE 2	ALTA
0062	2350.15		>13% A <=20%	DE 10 A <20 KM	CORTE 2	ALTA
0063	783.75		>13% A <=20%	DE 20 A <30 KM	CORTE 2	ALTA

Tabela 12 (cont.): Divisão da área com cana de açúcar no Estado de São Paulo em blocos de acordo com a expectativa de fertilidade, declividade, distância e estágio de corte distância e estágio de corte.

BLOCO	ÁREA	%MECAN.	DECLIVIDADE	DISTÂNCIA	ESTÁGIO	FERTILID.
0064	193.6		>13% A <=20%	DE 30 A <40 KM	CORTE 2	ALTA
0065	161.15		>13% A <=20%	DE 40 A <50 KM	CORTE 2	ALTA
0067	1508.51		>20%	DE 00 A <10 KM	CORTE 2	ALTA
0068	1762.61		>20%	DE 10 A <20 KM	CORTE 2	ALTA
0069	587.81		>20%	DE 20 A <30 KM	CORTE 2	ALTA
0070	145.2		>20%	DE 30 A <40 KM	CORTE 2	ALTA
0071	120.86		>20%	DE 40 A <50 KM	CORTE 2	ALTA
0073	18102.15	38	<=8%	DE 00 A <10 KM	CORTE 3	ALTA
0074	21151.35	38	<=8%	DE 10 A <20 KM	CORTE 3	ALTA
0075	7053.75	38	<=8%	DE 20 A <30 KM	CORTE 3	ALTA
0076	1742.4	38	<=8%	DE 30 A <40 KM	CORTE 3	ALTA
0077	1450.35	38	<=8%	DE 40 A <50 KM	CORTE 3	ALTA
0079	2011.35		>8% A <=13%	DE 00 A <10 KM	CORTE 3	ALTA
0080	2350.15		>8% A <=13%	DE 10 A <20 KM	CORTE 3	ALTA
0081	783.75		>8% A <=13%	DE 20 A <30 KM	CORTE 3	ALTA
0082	193.6		>8% A <=13%	DE 30 A <40 KM	CORTE 3	ALTA
0083	161.15		>8% A <=13%	DE 40 A <50 KM	CORTE 3	ALTA
0085	2011.35		>13% A <=20%	DE 00 A <10 KM	CORTE 3	ALTA
0086	2350.15		>13% A <=20%	DE 10 A <20 KM	CORTE 3	ALTA
0087	783.75		>13% A <=20%	DE 20 A <30 KM	CORTE 3	ALTA
0088	193.6		>13% A <=20%	DE 30 A <40 KM	CORTE 3	ALTA
0089	161.15		>13% A <=20%	DE 40 A <50 KM	CORTE 3	ALTA
0091	1508.51		>20%	DE 00 A <10 KM	CORTE 3	ALTA
0092	1762.61		>20%	DE 10 A <20 KM	CORTE 3	ALTA
0093	587.81		>20%	DE 20 A <30 KM	CORTE 3	ALTA
0094	145.2		>20%	DE 30 A <40 KM	CORTE 3	ALTA
0095	120.86		>20%	DE 40 A <50 KM	CORTE 3	ALTA

Tabela 12 (cont.): Divisão da área com cana de açúcar no Estado de São Paulo em blocos de acordo com a expectativa de fertilidade, declividade, distância e estágio de corte distância e estágio de corte.

BLOCO	ÁREA	%MECAN.	DECLIVIDADE	DISTÂNCIA	ESTÁGIO FERTILID.
0097	18102.15	38	<=8%	DE 00 A <10 KM	CORTE 4 ALTA
0098	21151.35	38	<=8%	DE 10 A <20 KM	CORTE 4 ALTA
0099	7053.75	38	<=8%	DE 20 A <30 KM	CORTE 4 ALTA
0100	1742.4	38	<=8%	DE 30 A <40 KM	CORTE 4 ALTA
0101	1450.35	38	<=8%	DE 40 A <50 KM	CORTE 4 ALTA
0103	2011.35		>8% A <=13%	DE 00 A <10 KM	CORTE 4 ALTA
0104	2350.15		>8% A <=13%	DE 10 A <20 KM	CORTE 4 ALTA
0105	783.75		>8% A <=13%	DE 20 A <30 KM	CORTE 4 ALTA
0106	193.6		>8% A <=13%	DE 30 A <40 KM	CORTE 4 ALTA
0107	161.15		>8% A <=13%	DE 40 A <50 KM	CORTE 4 ALTA
0109	2011.35		>13% A <=20%	DE 00 A <10 KM	CORTE 4 ALTA
0110	2350.15		>13% A <=20%	DE 10 A <20 KM	CORTE 4 ALTA
0111	783.75		>13% A <=20%	DE 20 A <30 KM	CORTE 4 ALTA
0112	193.6		>13% A <=20%	DE 30 A <40 KM	CORTE 4 ALTA
0113	161.15		>13% A <=20%	DE 40 A <50 KM	CORTE 4 ALTA
0115	1508.51		>20%	DE 00 A <10 KM	CORTE 4 ALTA
0116	1762.61		>20%	DE 10 A <20 KM	CORTE 4 ALTA
0117	587.81		>20%	DE 20 A <30 KM	CORTE 4 ALTA
0118	145.2		>20%	DE 30 A <40 KM	CORTE 4 ALTA
0119	120.86		>20%	DE 40 A <50 KM	CORTE 4 ALTA
0121	18102.15	38	<=8%	DE 00 A <10 KM	CORTE 5 ALTA
0122	21151.35	38	<=8%	DE 10 A <20 KM	CORTE 5 ALTA
0123	7053.75	38	<=8%	DE 20 A <30 KM	CORTE 5 ALTA
0124	1742.4	38	<=8%	DE 30 A <40 KM	CORTE 5 ALTA
0125	1450.35	38	<=8%	DE 40 A <50 KM	CORTE 5 ALTA
0127	2011.35		>8% A <=13%	DE 00 A <10 KM	CORTE 5 ALTA
0128	2350.15		>8% A <=13%	DE 10 A <20 KM	CORTE 5 ALTA

Tabela 12 (cont.): Divisão da área com cana de açúcar no Estado de São Paulo em blocos de acordo com a expectativa de fertilidade, declividade, distância e estágio de corte distância e estágio de corte.

BLOCO	ÁREA	%MECAN.	DECLIVIDADE	DISTÂNCIA	ESTÁGIO FERTILID.
0129	783.75		>8% A <=13%	DE 20 A <30 KM	CORTE 5 ALTA
0130	193.6		>8% A <=13%	DE 30 A <40 KM	CORTE 5 ALTA
0131	161.15		>8% A <=13%	DE 40 A <50 KM	CORTE 5 ALTA
0133	2011.35		>13% A <=20%	DE 00 A <10 KM	CORTE 5 ALTA
0134	2350.15		>13% A <=20%	DE 10 A <20 KM	CORTE 5 ALTA
0135	783.75		>13% A <=20%	DE 20 A <30 KM	CORTE 5 ALTA
0136	193.6		>13% A <=20%	DE 30 A <40 KM	CORTE 5 ALTA
0137	161.15		>13% A <=20%	DE 40 A <50 KM	CORTE 5 ALTA
0139	1508.51		>20%	DE 00 A <10 KM	CORTE 5 ALTA
0140	1762.61		>20%	DE 10 A <20 KM	CORTE 5 ALTA
0141	587.81		>20%	DE 20 A <30 KM	CORTE 5 ALTA
0142	145.2		>20%	DE 30 A <40 KM	CORTE 5 ALTA
0143	120.86		>20%	DE 40 A <50 KM	CORTE 5 ALTA
0145	18102.15	38	<=8%	DE 00 A <10 KM	CORTE 6 ALTA
0146	21151.35	38	<=8%	DE 10 A <20 KM	CORTE 6 ALTA
0147	7053.75	38	<=8%	DE 20 A <30 KM	CORTE 6 ALTA
0148	1742.4	38	<=8%	DE 30 A <40 KM	CORTE 6 ALTA
0149	1450.35	38	<=8%	DE 40 A <50 KM	CORTE 6 ALTA
0151	2011.35		>8% A <=13%	DE 00 A <10 KM	CORTE 6 ALTA
0152	2350.15		>8% A <=13%	DE 10 A <20 KM	CORTE 6 ALTA
0153	783.75		>8% A <=13%	DE 20 A <30 KM	CORTE 6 ALTA
0154	193.6		>8% A <=13%	DE 30 A <40 KM	CORTE 6 ALTA
0155	161.15		>8% A <=13%	DE 40 A <50 KM	CORTE 6 ALTA
0157	2011.35		>13% A <=20%	DE 00 A <10 KM	CORTE 6 ALTA
0158	2350.15		>13% A <=20%	DE 10 A <20 KM	CORTE 6 ALTA
0159	783.75		>13% A <=20%	DE 20 A <30 KM	CORTE 6 ALTA
0160	193.6		>13% A <=20%	DE 30 A <40 KM	CORTE 6 ALTA

Tabela 12 (cont.): Divisão da área com cana de açúcar no Estado de São Paulo em blocos de acordo com a expectativa de fertilidade, declividade, distância e estágio de corte distância e estágio de corte.

BLOCO	ÁREA	%MECAN.	DECLIVIDADE	DISTÂNCIA	ESTÁGIO	FERTILID.
0161	161.15		>13% A <=20%	DE 40 A <50 KM	CORTE 6	ALTA
0163	1508.51		>20%	DE 00 A <10 KM	CORTE 6	ALTA
0164	1762.61		>20%	DE 10 A <20 KM	CORTE 6	ALTA
0165	587.81		>20%	DE 20 A <30 KM	CORTE 6	ALTA
0166	145.2		>20%	DE 30 A <40 KM	CORTE 6	ALTA
0167	120.86		>20%	DE 40 A <50 KM	CORTE 6	ALTA
0169	18102.15	38	<=8%	DE 00 A <10 KM	CORTE 7	ALTA
0170	21151.35	38	<=8%	DE 10 A <20 KM	CORTE 7	ALTA
0171	7053.75	38	<=8%	DE 20 A <30 KM	CORTE 7	ALTA
0172	1742.4	38	<=8%	DE 30 A <40 KM	CORTE 7	ALTA
0173	1450.35	38	<=8%	DE 40 A <50 KM	CORTE 7	ALTA
0175	2011.35		>8% A <=13%	DE 00 A <10 KM	CORTE 7	ALTA
0176	2350.15		>8% A <=13%	DE 10 A <20 KM	CORTE 7	ALTA
0177	783.75		>8% A <=13%	DE 20 A <30 KM	CORTE 7	ALTA
0178	193.6		>8% A <=13%	DE 30 A <40 KM	CORTE 7	ALTA
0179	161.15		>8% A <=13%	DE 40 A <50 KM	CORTE 7	ALTA
0181	2011.35		>13% A <=20%	DE 00 A <10 KM	CORTE 7	ALTA
0182	2350.15		>13% A <=20%	DE 10 A <20 KM	CORTE 7	ALTA
0183	783.75		>13% A <=20%	DE 20 A <30 KM	CORTE 7	ALTA
0184	193.6		>13% A <=20%	DE 30 A <40 KM	CORTE 7	ALTA
0185	161.15		>13% A <=20%	DE 40 A <50 KM	CORTE 7	ALTA
0187	1508.51		>20%	DE 00 A <10 KM	CORTE 7	ALTA
0188	1762.61		>20%	DE 10 A <20 KM	CORTE 7	ALTA
0189	587.81		>20%	DE 20 A <30 KM	CORTE 7	ALTA
0190	145.2		>20%	DE 30 A <40 KM	CORTE 7	ALTA
0191	120.86		>20%	DE 40 A <50 KM	CORTE 7	ALTA
0193	27160.47	38	<=8%	DE 00 A <10 KM	PLANTIO	MÉDIA

Tabela 12 (cont.): Divisão da área com cana de açúcar no Estado de São Paulo em blocos de acordo com a expectativa de fertilidade, declividade, distância e estágio de corte distância e estágio de corte.

BLOCO	ÁREA	%MECAN.	DECLIVIDADE	DISTÂNCIA	ESTÁGIO	FERTILID.
0194	24433.93	38	<=8%	DE 10 A <20 KM	PLANTIO	MÉDIA
0195	18077.4	38	<=8%	DE 20 A <30 KM	PLANTIO	MÉDIA
0196	5493.4	38	<=8%	DE 30 A <40 KM	PLANTIO	MÉDIA
0197	4662.53	38	<=8%	DE 40 A <50 KM	PLANTIO	MÉDIA
0198	838.93	38	<=8%	>50 KM	PLANTIO	MÉDIA
0199	18518.5		>8% A <=13%	DE 00 A <10 KM	PLANTIO	MÉDIA
0200	16659.5		>8% A <=13%	DE 10 A <20 KM	PLANTIO	MÉDIA
0201	12325.5		>8% A <=13%	DE 20 A <30 KM	PLANTIO	MÉDIA
0202	3745.5		>8% A <=13%	DE 30 A <40 KM	PLANTIO	MÉDIA
0203	3179		>8% A <=13%	DE 40 A <50 KM	PLANTIO	MÉDIA
0204	572		>8% A <=13%	>50 KM	PLANTIO	MÉDIA
0205	3703.7		>13% A <=20%	DE 00 A <10 KM	PLANTIO	MÉDIA
0206	3331.9		>13% A <=20%	DE 10 A <20 KM	PLANTIO	MÉDIA
0207	2465.1		>13% A <=20%	DE 20 A <30 KM	PLANTIO	MÉDIA
0208	749.1		>13% A <=20%	DE 30 A <40 KM	PLANTIO	MÉDIA
0209	635.8		>13% A <=20%	DE 40 A <50 KM	PLANTIO	MÉDIA
0210	114.4		>13% A <=20%	>50 KM	PLANTIO	MÉDIA
0211	617.28		>20%	DE 00 A <10 KM	PLANTIO	MÉDIA
0212	555.32		>20%	DE 10 A <20 KM	PLANTIO	MÉDIA
0213	410.85		>20%	DE 20 A <30 KM	PLANTIO	MÉDIA
0214	124.85		>20%	DE 30 A <40 KM	PLANTIO	MÉDIA
0215	125.03		>20%	DE 40 A <50 KM	PLANTIO	MÉDIA
0217	27160.47	38	<=8%	DE 00 A <10 KM	CORTE 1	MÉDIA
0218	24433.93	38	<=8%	DE 10 A <20 KM	CORTE 1	MÉDIA
0219	18077.4	38	<=8%	DE 20 A <30 KM	CORTE 1	MÉDIA
0220	5493.4	38	<=8%	DE 30 A <40 KM	CORTE 1	MÉDIA
0221	4662.53	38	<=8%	DE 40 A <50 KM	CORTE 1	MÉDIA

Tabela 12 (cont.): Divisão da área com cana de açúcar no Estado de São Paulo em blocos de acordo com a expectativa de fertilidade, declividade, distância e estágio de corte distância e estágio de corte.

BLOCO	ÁREA	%MECAN.	DECLIVIDADE	DISTÂNCIA	ESTÁGIO	FERTILID.
0222	838.93	38	<=8%	>50 KM	CORTE 1	MÉDIA
0223	18518.5		>8% A <=13%	DE 00 A <10 KM	CORTE 1	MÉDIA
0224	16659.5		>8% A <=13%	DE 10 A <20 KM	CORTE 1	MÉDIA
0225	12325.5		>8% A <=13%	DE 20 A <30 KM	CORTE 1	MÉDIA
0226	3745.5		>8% A <=13%	DE 30 A <40 KM	CORTE 1	MÉDIA
0227	3179		>8% A <=13%	DE 40 A <50 KM	CORTE 1	MÉDIA
0228	572		>8% A <=13%	>50 KM	CORTE 1	MÉDIA
0229	3703.7		>13% A <=20%	DE 00 A <10 KM	CORTE 1	MÉDIA
0230	3331.9		>13% A <=20%	DE 10 A <20 KM	CORTE 1	MÉDIA
0231	2465.1		>13% A <=20%	DE 20 A <30 KM	CORTE 1	MÉDIA
0232	749.1		>13% A <=20%	DE 30 A <40 KM	CORTE 1	MÉDIA
0233	635.8		>13% A <=20%	DE 40 A <50 KM	CORTE 1	MÉDIA
0234	114.4		>13% A <=20%	>50 KM	CORTE 1	MÉDIA
0235	617.28		>20%	DE 00 A <10 KM	CORTE 1	MÉDIA
0236	555.32		>20%	DE 10 A <20 KM	CORTE 1	MÉDIA
0237	410.85		>20%	DE 20 A <30 KM	CORTE 1	MÉDIA
0238	124.85		>20%	DE 30 A <40 KM	CORTE 1	MÉDIA
0239	125.03		>20%	DE 40 A <50 KM	CORTE 1	MÉDIA
0241	27160.47	38	<=8%	DE 00 A <10 KM	CORTE 2	MÉDIA
0242	24433.93	38	<=8%	DE 10 A <20 KM	CORTE 2	MÉDIA
0243	18077.4	38	<=8%	DE 20 A <30 KM	CORTE 2	MÉDIA
0244	5493.4	38	<=8%	DE 30 A <40 KM	CORTE 2	MÉDIA
0245	4662.53	38	<=8%	DE 40 A <50 KM	CORTE 2	MÉDIA
0246	838.93	38	<=8%	>50 KM	CORTE 2	MÉDIA
0247	18518.5		>8% A <=13%	DE 00 A <10 KM	CORTE 2	MÉDIA
0248	16659.5		>8% A <=13%	DE 10 A <20 KM	CORTE 2	MÉDIA
0249	12325.5		>8% A <=13%	DE 20 A <30 KM	CORTE 2	MÉDIA

Tabela 12 (cont.): Divisão da área com cana de açúcar no Estado de São Paulo em blocos de acordo com a expectativa de fertilidade, declividade, distância e estágio de corte distância e estágio de corte.

BLOCO	ÁREA	%MECAN.	DECLIVIDADE	DISTÂNCIA	ESTÁGIO	FERTILID.
0250	3745.5		>8% A <=13%	DE 30 A <40 KM	CORTE 2	MÉDIA
0251	3179		>8% A <=13%	DE 40 A <50 KM	CORTE 2	MÉDIA
0252	572		>8% A <=13%	>50 KM	CORTE 2	MÉDIA
0253	3703.7		>13% A <=20%	DE 00 A <10 KM	CORTE 2	MÉDIA
0254	3331.9		>13% A <=20%	DE 10 A <20 KM	CORTE 2	MÉDIA
0255	2465.1		>13% A <=20%	DE 20 A <30 KM	CORTE 2	MÉDIA
0256	749.1		>13% A <=20%	DE 30 A <40 KM	CORTE 2	MÉDIA
0257	635.8		>13% A <=20%	DE 40 A <50 KM	CORTE 2	MÉDIA
0258	114.4		>13% A <=20%	>50 KM	CORTE 2	MÉDIA
0259	617.28		>20%	DE 00 A <10 KM	CORTE 2	MÉDIA
0260	555.32		>20%	DE 10 A <20 KM	CORTE 2	MÉDIA
0261	410.85		>20%	DE 20 A <30 KM	CORTE 2	MÉDIA
0262	124.85		>20%	DE 30 A <40 KM	CORTE 2	MÉDIA
0263	125.03		>20%	DE 40 A <50 KM	CORTE 2	MÉDIA
0265	27160.47	38	<=8%	DE 00 A <10 KM	CORTE 3	MÉDIA
0266	24433.93	38	<=8%	DE 10 A <20 KM	CORTE 3	MÉDIA
0267	18077.4	38	<=8%	DE 20 A <30 KM	CORTE 3	MÉDIA
0268	5493.4	38	<=8%	DE 30 A <40 KM	CORTE 3	MÉDIA
0269	4662.53	38	<=8%	DE 40 A <50 KM	CORTE 3	MÉDIA
0270	838.93	38	<=8%	>50 KM	CORTE 3	MÉDIA
0271	18518.5		>8% A <=13%	DE 00 A <10 KM	CORTE 3	MÉDIA
0272	16659.5		>8% A <=13%	DE 10 A <20 KM	CORTE 3	MÉDIA
0273	12325.5		>8% A <=13%	DE 20 A <30 KM	CORTE 3	MÉDIA
0274	3745.5		>8% A <=13%	DE 30 A <40 KM	CORTE 3	MÉDIA
0275	3179		>8% A <=13%	DE 40 A <50 KM	CORTE 3	MÉDIA
0276	572		>8% A <=13%	>50 KM	CORTE 3	MÉDIA
0277	3703.7		>13% A <=20%	DE 00 A <10 KM	CORTE 3	MÉDIA

Tabela 12 (cont.): Divisão da área com cana de açúcar no Estado de São Paulo em blocos de acordo com a expectativa de fertilidade, declividade, distância e estágio de corte distância e estágio de corte.

BLOCO	ÁREA	%MECAN.	DECLIVIDADE	DISTÂNCIA	ESTÁGIO	FERTILID.
0278	3331.9		>13% A <=20%	DE 10 A <20 KM	CORTE 3	MÉDIA
0279	2465.1		>13% A <=20%	DE 20 A <30 KM	CORTE 3	MÉDIA
0280	749.1		>13% A <=20%	DE 30 A <40 KM	CORTE 3	MÉDIA
0281	635.8		>13% A <=20%	DE 40 A <50 KM	CORTE 3	MÉDIA
0282	114.4		>13% A <=20%	>50 KM	CORTE 3	MÉDIA
0283	617.28		>20%	DE 00 A <10 KM	CORTE 3	MÉDIA
0284	555.32		>20%	DE 10 A <20 KM	CORTE 3	MÉDIA
0285	410.85		>20%	DE 20 A <30 KM	CORTE 3	MÉDIA
0286	124.85		>20%	DE 30 A <40 KM	CORTE 3	MÉDIA
0287	125.03		>20%	DE 40 A <50 KM	CORTE 3	MÉDIA
0289	27160.47	38	<=8%	DE 00 A <10 KM	CORTE 4	MÉDIA
0290	24433.93	38	<=8%	DE 10 A <20 KM	CORTE 4	MÉDIA
0291	18077.4	38	<=8%	DE 20 A <30 KM	CORTE 4	MÉDIA
0292	5493.4	38	<=8%	DE 30 A <40 KM	CORTE 4	MÉDIA
0293	4662.53	38	<=8%	DE 40 A <50 KM	CORTE 4	MÉDIA
0294	838.93	38	<=8%	>50 KM	CORTE 4	MÉDIA
0295	18518.5		>8% A <=13%	DE 00 A <10 KM	CORTE 4	MÉDIA
0296	16659.5		>8% A <=13%	DE 10 A <20 KM	CORTE 4	MÉDIA
0297	12325.5		>8% A <=13%	DE 20 A <30 KM	CORTE 4	MÉDIA
0298	3745.5		>8% A <=13%	DE 30 A <40 KM	CORTE 4	MÉDIA
0299	3179		>8% A <=13%	DE 40 A <50 KM	CORTE 4	MÉDIA
0300	572		>8% A <=13%	>50 KM	CORTE 4	MÉDIA
0301	3703.7		>13% A <=20%	DE 00 A <10 KM	CORTE 4	MÉDIA
0302	3331.9		>13% A <=20%	DE 10 A <20 KM	CORTE 4	MÉDIA
0303	2465.1		>13% A <=20%	DE 20 A <30 KM	CORTE 4	MÉDIA
0304	749.1		>13% A <=20%	DE 30 A <40 KM	CORTE 4	MÉDIA
0305	635.8		>13% A <=20%	DE 40 A <50 KM	CORTE 4	MÉDIA

Tabela 12 (cont.): Divisão da área com cana de açúcar no Estado de São Paulo em blocos de acordo com a expectativa de fertilidade, declividade, distância e estágio de corte distância e estágio de corte.

BLOCO	ÁREA	%MECAN.	DECLIVIDADE	DISTÂNCIA	ESTÁGIO	FERTILID.
0306	114.4		>13% A <=20%	>50 KM	CORTE 4	MÉDIA
0307	617.28		>20%	DE 00 A <10 KM	CORTE 4	MÉDIA
0308	555.32		>20%	DE 10 A <20 KM	CORTE 4	MÉDIA
0309	410.85		>20%	DE 20 A <30 KM	CORTE 4	MÉDIA
0310	124.85		>20%	DE 30 A <40 KM	CORTE 4	MÉDIA
0311	125.03		>20%	DE 40 A <50 KM	CORTE 4	MÉDIA
0313	27160.47	38	<=8%	DE 00 A <10 KM	CORTE 5	MÉDIA
0314	24433.93	38	<=8%	DE 10 A <20 KM	CORTE 5	MÉDIA
0315	18077.4	38	<=8%	DE 20 A <30 KM	CORTE 5	MÉDIA
0316	5493.4	38	<=8%	DE 30 A <40 KM	CORTE 5	MÉDIA
0317	4662.53	38	<=8%	DE 40 A <50 KM	CORTE 5	MÉDIA
0318	838.93	38	<=8%	>50 KM	CORTE 5	MÉDIA
0319	18518.5		>8% A <=13%	DE 00 A <10 KM	CORTE 5	MÉDIA
0320	16659.5		>8% A <=13%	DE 10 A <20 KM	CORTE 5	MÉDIA
0321	12325.5		>8% A <=13%	DE 20 A <30 KM	CORTE 5	MÉDIA
0322	3745.5		>8% A <=13%	DE 30 A <40 KM	CORTE 5	MÉDIA
0323	3179		>8% A <=13%	DE 40 A <50 KM	CORTE 5	MÉDIA
0324	572		>8% A <=13%	>50 KM	CORTE 5	MÉDIA
0325	3703.7		>13% A <=20%	DE 00 A <10 KM	CORTE 5	MÉDIA
0326	3331.9		>13% A <=20%	DE 10 A <20 KM	CORTE 5	MÉDIA
0327	2465.1		>13% A <=20%	DE 20 A <30 KM	CORTE 5	MÉDIA
0328	749.1		>13% A <=20%	DE 30 A <40 KM	CORTE 5	MÉDIA
0329	635.8		>13% A <=20%	DE 40 A <50 KM	CORTE 5	MÉDIA
0330	114.4		>13% A <=20%	>50 KM	CORTE 5	MÉDIA
0331	617.28		>20%	DE 00 A <10 KM	CORTE 5	MÉDIA
0332	555.32		>20%	DE 10 A <20 KM	CORTE 5	MÉDIA
0333	410.85		>20%	DE 20 A <30 KM	CORTE 5	MÉDIA

Tabela 12 (cont.): Divisão da área com cana de açúcar no Estado de São Paulo em blocos de acordo com a expectativa de fertilidade, declividade, distância e estágio de corte distância e estágio de corte.

BLOCO	ÁREA	%MECAN.	DECLIVIDADE	DISTÂNCIA	ESTÁGIO	FERTILID.
0334	124.85		>20%	DE 30 A <40 KM	CORTE 5	MÉDIA
0335	125.03		>20%	DE 40 A <50 KM	CORTE 5	MÉDIA
0337	13675.2	38	<=8%	DE 00 A <10 KM	PLANTIO	BAIXA
0338	19675.04	38	<=8%	DE 10 A <20 KM	PLANTIO	BAIXA
0339	10379.6	38	<=8%	DE 20 A <30 KM	PLANTIO	BAIXA
0340	4847.92	38	<=8%	DE 30 A <40 KM	PLANTIO	BAIXA
0341	10336.48	38	<=8%	DE 40 A <50 KM	PLANTIO	BAIXA
0342	2685.76	38	<=8%	>50 KM	PLANTIO	BAIXA
0343	2930.4		>8% A <=13%	DE 00 A <10 KM	PLANTIO	BAIXA
0344	4216.08		>8% A <=13%	DE 10 A <20 KM	PLANTIO	BAIXA
0345	2224.2		>8% A <=13%	DE 20 A <30 KM	PLANTIO	BAIXA
0346	1038.84		>8% A <=13%	DE 30 A <40 KM	PLANTIO	BAIXA
0347	2214.96		>8% A <=13%	DE 40 A <50 KM	PLANTIO	BAIXA
0348	575.52		>8% A <=13%	>50 KM	PLANTIO	BAIXA
0349	10744.8		>13% A <=20%	DE 00 A <10 KM	PLANTIO	BAIXA
0350	15458.96		>13% A <=20%	DE 10 A <20 KM	PLANTIO	BAIXA
0351	8155.4		>13% A <=20%	DE 20 A <30 KM	PLANTIO	BAIXA
0352	3809.08		>13% A <=20%	DE 30 A <40 KM	PLANTIO	BAIXA
0353	8121.52		>13% A <=20%	DE 40 A <50 KM	PLANTIO	BAIXA
0354	2110.24		>13% A <=20%	>50 KM	PLANTIO	BAIXA
0355	7814.4		>20%	DE 00 A <10 KM	PLANTIO	BAIXA
0356	11242.88		>20%	DE 10 A <20 KM	PLANTIO	BAIXA
0357	5931.2		>20%	DE 20 A <30 KM	PLANTIO	BAIXA
0358	2770.24		>20%	DE 30 A <40 KM	PLANTIO	BAIXA
0359	5906.56		>20%	DE 40 A <50 KM	PLANTIO	BAIXA
0360	1534.72		>20%	>50 KM	PLANTIO	BAIXA
0361	13675.2	38	<=8%	DE 00 A <10 KM	CORTE 1	BAIXA

Tabela 12 (cont.): Divisão da área com cana de açúcar no Estado de São Paulo em blocos de acordo com a expectativa de fertilidade, declividade, distância e estágio de corte distância e estágio de corte.

BLOCO	ÁREA	%MECAN.	DECLIVIDADE	DISTÂNCIA	ESTÁGIO	FERTILID.
0362	19675.04	38	<=8%	DE 10 A <20 KM	CORTE 1	BAIXA
0363	10379.6	38	<=8%	DE 20 A <30 KM	CORTE 1	BAIXA
0364	4847.92	38	<=8%	DE 30 A <40 KM	CORTE 1	BAIXA
0365	10336.48	38	<=8%	DE 40 A <50 KM	CORTE 1	BAIXA
0366	2685.76	38	<=8%	>50 KM	CORTE 1	BAIXA
0367	2930.4		>8% A <=13%	DE 00 A <10 KM	CORTE 1	BAIXA
0368	4216.08		>8% A <=13%	DE 10 A <20 KM	CORTE 1	BAIXA
0369	2224.2		>8% A <=13%	DE 20 A <30 KM	CORTE 1	BAIXA
0370	1038.84		>8% A <=13%	DE 30 A <40 KM	CORTE 1	BAIXA
0371	2214.96		>8% A <=13%	DE 40 A <50 KM	CORTE 1	BAIXA
0372	575.52		>8% A <=13%	>50 KM	CORTE 1	BAIXA
0373	10744.8		>13% A <=20%	DE 00 A <10 KM	CORTE 1	BAIXA
0374	15458.96		>13% A <=20%	DE 10 A <20 KM	CORTE 1	BAIXA
0375	8155.4		>13% A <=20%	DE 20 A <30 KM	CORTE 1	BAIXA
0376	3809.08		>13% A <=20%	DE 30 A <40 KM	CORTE 1	BAIXA
0377	8121.52		>13% A <=20%	DE 40 A <50 KM	CORTE 1	BAIXA
0378	2110.24		>13% A <=20%	>50 KM	CORTE 1	BAIXA
0379	7814.4		>20%	DE 00 A <10 KM	CORTE 1	BAIXA
0380	11242.88		>20%	DE 10 A <20 KM	CORTE 1	BAIXA
0381	5931.2		>20%	DE 20 A <30 KM	CORTE 1	BAIXA
0382	2770.24		>20%	DE 30 A <40 KM	CORTE 1	BAIXA
0383	5906.56		>20%	DE 40 A <50 KM	CORTE 1	BAIXA
0384	1534.72		>20%	>50 KM	CORTE 1	BAIXA
0385	13675.2	38	<=8%	DE 00 A <10 KM	CORTE 2	BAIXA
0386	19675.04	38	<=8%	DE 10 A <20 KM	CORTE 2	BAIXA
0387	10379.6	38	<=8%	DE 20 A <30 KM	CORTE 2	BAIXA
0388	4847.92	38	<=8%	DE 30 A <40 KM	CORTE 2	BAIXA

Tabela 12 (cont.): Divisão da área com cana de açúcar no Estado de São Paulo em blocos de acordo com a expectativa de fertilidade, declividade, distância e estágio de corte distância e estágio de corte.

BLOCO	ÁREA	%MECAN.	DECLIVIDADE	DISTÂNCIA	ESTÁGIO	FERTILID.
0389	10336.48	38	<=8%	DE 40 A <50 KM	CORTE 2	BAIXA
0390	2685.76	38	<=8%	>50 KM	CORTE 2	BAIXA
0391	2930.4		>8% A <=13%	DE 00 A <10 KM	CORTE 2	BAIXA
0392	4216.08		>8% A <=13%	DE 10 A <20 KM	CORTE 2	BAIXA
0393	2224.2		>8% A <=13%	DE 20 A <30 KM	CORTE 2	BAIXA
0394	1038.84		>8% A <=13%	DE 30 A <40 KM	CORTE 2	BAIXA
0395	2214.96		>8% A <=13%	DE 40 A <50 KM	CORTE 2	BAIXA
0396	575.52		>8% A <=13%	>50 KM	CORTE 2	BAIXA
0397	10744.8		>13% A <=20%	DE 00 A <10 KM	CORTE 2	BAIXA
0398	15458.96		>13% A <=20%	DE 10 A <20 KM	CORTE 2	BAIXA
0399	8155.4		>13% A <=20%	DE 20 A <30 KM	CORTE 2	BAIXA
0400	3809.08		>13% A <=20%	DE 30 A <40 KM	CORTE 2	BAIXA
0401	8121.52		>13% A <=20%	DE 40 A <50 KM	CORTE 2	BAIXA
0402	2110.24		>13% A <=20%	>50 KM	CORTE 2	BAIXA
0403	7814.4		>20%	DE 00 A <10 KM	CORTE 2	BAIXA
0404	11242.88		>20%	DE 10 A <20 KM	CORTE 2	BAIXA
0405	5931.2		>20%	DE 20 A <30 KM	CORTE 2	BAIXA
0406	2770.24		>20%	DE 30 A <40 KM	CORTE 2	BAIXA
0407	5906.56		>20%	DE 40 A <50 KM	CORTE 2	BAIXA
0408	1534.72		>20%	>50 KM	CORTE 2	BAIXA
0409	13675.2	38	<=8%	DE 00 A <10 KM	CORTE 3	BAIXA
0410	19675.04	38	<=8%	DE 10 A <20 KM	CORTE 3	BAIXA
0411	10379.6	38	<=8%	DE 20 A <30 KM	CORTE 3	BAIXA
0412	4847.92	38	<=8%	DE 30 A <40 KM	CORTE 3	BAIXA
0413	10336.48	38	<=8%	DE 40 A <50 KM	CORTE 3	BAIXA
0414	2685.76	38	<=8%	>50 KM	CORTE 3	BAIXA
0415	2930.4		>8% A <=13%	DE 00 A <10 KM	CORTE 3	BAIXA

Tabela 12 (cont.): Divisão da área com cana de açúcar no Estado de São Paulo em blocos de acordo com a expectativa de fertilidade, declividade, distância e estágio de corte distância e estágio de corte.

BLOCO	ÁREA	%MECAN.	DECLIVIDADE	DISTÂNCIA	ESTÁGIO	FERTILID.
0416	4216.08		>8% A <=13%	DE 10 A <20 KM	CORTE 3	BAIXA
0417	2224.2		>8% A <=13%	DE 20 A <30 KM	CORTE 3	BAIXA
0418	1038.84		>8% A <=13%	DE 30 A <40 KM	CORTE 3	BAIXA
0419	2214.96		>8% A <=13%	DE 40 A <50 KM	CORTE 3	BAIXA
0420	575.52		>8% A <=13%	>50 KM	CORTE 3	BAIXA
0421	10744.8		>13% A <=20%	DE 00 A <10 KM	CORTE 3	BAIXA
0422	15458.96		>13% A <=20%	DE 10 A <20 KM	CORTE 3	BAIXA
0423	8155.4		>13% A <=20%	DE 20 A <30 KM	CORTE 3	BAIXA
0424	3809.08		>13% A <=20%	DE 30 A <40 KM	CORTE 3	BAIXA
0425	8121.52		>13% A <=20%	DE 40 A <50 KM	CORTE 3	BAIXA
0426	2110.24		>13% A <=20%	>50 KM	CORTE 3	BAIXA
0427	7814.4		>20%	DE 00 A <10 KM	CORTE 3	BAIXA
0428	11242.88		>20%	DE 10 A <20 KM	CORTE 3	BAIXA
0429	5931.2		>20%	DE 20 A <30 KM	CORTE 3	BAIXA
0430	2770.24		>20%	DE 30 A <40 KM	CORTE 3	BAIXA
0431	5906.56		>20%	DE 40 A <50 KM	CORTE 3	BAIXA
0432	1534.72		>20%	>50 KM	CORTE 3	BAIXA
0433	13675.2	38	<=8%	DE 00 A <10 KM	CORTE 4	BAIXA
0434	19675.04	38	<=8%	DE 10 A <20 KM	CORTE 4	BAIXA
0435	10379.6	38	<=8%	DE 20 A <30 KM	CORTE 4	BAIXA
0436	4847.92	38	<=8%	DE 30 A <40 KM	CORTE 4	BAIXA
0437	10336.48	38	<=8%	DE 40 A <50 KM	CORTE 4	BAIXA
0438	2685.76	38	<=8%	>50 KM	CORTE 4	BAIXA
0439	2930.4		>8% A <=13%	DE 00 A <10 KM	CORTE 4	BAIXA
0440	4216.08		>8% A <=13%	DE 10 A <20 KM	CORTE 4	BAIXA
0441	2224.2		>8% A <=13%	DE 20 A <30 KM	CORTE 4	BAIXA
0442	1038.84		>8% A <=13%	DE 30 A <40 KM	CORTE 4	BAIXA

Tabela 12 (cont.): Divisão da área com cana de açúcar no Estado de São Paulo em blocos de acordo com a expectativa de fertilidade, declividade, distância e estágio de corte distância e estágio de corte.

BLOCO	ÁREA	%MECAN.	DECLIVIDADE	DISTÂNCIA	ESTÁGIO	FERTILID.
0443	2214.96		>8% A <=13%	DE 40 A <50 KM	CORTE 4	BAIXA
0444	575.52		>8% A <=13%	>50 KM	CORTE 4	BAIXA
0445	10744.8		>13% A <=20%	DE 00 A <10 KM	CORTE 4	BAIXA
0446	15458.96		>13% A <=20%	DE 10 A <20 KM	CORTE 4	BAIXA
0447	8155.4		>13% A <=20%	DE 20 A <30 KM	CORTE 4	BAIXA
0448	3809.08		>13% A <=20%	DE 30 A <40 KM	CORTE 4	BAIXA
0449	8121.52		>13% A <=20%	DE 40 A <50 KM	CORTE 4	BAIXA
0450	2110.24		>13% A <=20%	>50 KM	CORTE 4	BAIXA
0451	7814.4		>20%	DE 00 A <10 KM	CORTE 4	BAIXA
0452	11242.88		>20%	DE 10 A <20 KM	CORTE 4	BAIXA
0453	5931.2		>20%	DE 20 A <30 KM	CORTE 4	BAIXA
0454	2770.24		>20%	DE 30 A <40 KM	CORTE 4	BAIXA
0455	5906.56		>20%	DE 40 A <50 KM	CORTE 4	BAIXA
0456	1534.72		>20%	>50 KM	CORTE 4	BAIXA

6. RESULTADOS E DISCUSSÃO

6.1. Resultados

A simulação realizada para validar o modelo matemático acima descrito apresentou os resultados descritos a seguir.

Durante todo o horizonte de planejamento (16 anos) somente 3 das 14 políticas disponíveis foram utilizadas. As políticas utilizadas foram:

- Plantio manual sem incorporação de palha;
- Colheita manual de cana queimada;
- Colheita mecânica de cana queimada.

Pode-se perceber que nenhuma das atividades relacionadas com o corte de cana crua foi ativada durante o horizonte de planejamento. Houve nos quatro primeiros anos compra de colhedoras de cana queimada num total de 200 máquinas adicionais perfazendo um total de 400 colhedoras de cana queimada disponíveis a partir do ano 4. Os resultados mostram que para as faixas de declividade acima de 8% somente duas políticas foram adotadas, uma para plantio e outra para corte. Os resultados para estas faixas de declividade são mostrado na Tabela 13.

Tabela 13: Área alocada pelo modelo para cada política adotada nos locais com declividade acima de 8%.

Ano	Política	Área (mil ha)	% da área
1	Plantio Manual	180	18%
1	Corte Manual	832	82%
2	Plantio Manual	180	18%
2	Corte Manual	832	82%
3	Plantio Manual	180	18%
3	Corte Manual	832	82%
4	Plantio Manual	180	18%
4	Corte Manual	832	82%
5	Plantio Manual	180	18%
5	Corte Manual	832	82%
6	Plantio Manual	180	18%
6	Corte Manual	832	82%
7	Plantio Manual	180	18%
7	Corte Manual	832	82%
8	Plantio Manual	180	18%
8	Corte Manual	832	82%
9	Plantio Manual	180	18%
9	Corte Manual	832	82%
10	Plantio Manual	180	18%
10	Corte Manual	832	82%
11	Plantio Manual	180	18%
11	Corte Manual	832	82%
12	Plantio Manual	180	18%

Tabela 13 (cont.): Área alocada pelo modelo para cada política adotada nos locais com declividade acima de 8%.

Ano	Política	Área (mil ha)	% da área
12	Corte Manual	832	82%
13	Plantio Manual	180	18%
13	Corte Manual	832	82%
14	Plantio Manual	180	18%
14	Corte Manual	832	82%
15	Plantio Manual	180	18%
15	Corte Manual	832	82%
16	Plantio Manual	180	18%
16	Corte Manual	832	82%

Para a faixa de declividade menor ou igual a 8% as duas políticas de corte foram utilizadas, em proporções diferentes, ao longo do horizonte de planejamento. Inicialmente houve uma ampliação da área de corte mecanizada e, a partir do ano 5, uma estabilização desta área. A Tabela 14 mostra os resultados obtidos nos 16 anos para as áreas com declividade menor que 8%.

Tabela 14 : Área alocada pelo modelo para cada uma das políticas adotadas para os locais com declividade menor ou igual a 8%.

Ano	Política	Área (mil ha)	% da área
1	Plantio Manual	192	16%
1	Corte Manual	523	44%
1	Corte Mecânico	473	40%
2	Plantio Manual	192	16%
2	Corte Manual	444	37%
2	Corte Mecânico	473	47%
3	Plantio Manual	192	16%
3	Corte Manual	379	32%
3	Corte Mecânico	618	52%
4	Plantio Manual	192	16%
4	Corte Manual	310	26%
4	Corte Mecânico	687	58%
5	Plantio Manual	192	16%
5	Corte Manual	310	26%
5	Corte Mecânico	687	58%
6	Plantio Manual	192	16%
6	Corte Manual	310	26%
6	Corte Mecânico	687	58%
7	Plantio Manual	192	16%
7	Corte Manual	310	26%
7	Corte Mecânico	687	58%
8	Plantio Manual	192	16%
8	Corte Manual	310	26%

Tabela 14 (cont.): Área alocada pelo modelo para cada uma das políticas adotadas para os locais com declividade menor ou igual a 8%.

Ano	Política	Área (mil ha)	% da área
8	Corte Mecânico	687	58%
9	Plantio Manual	192	16%
9	Corte Manual	310	26%
9	Corte Mecânico	687	58%
10	Plantio Manual	192	16%
10	Corte Manual	310	26%
10	Corte Mecânico	687	58%
11	Plantio Manual	192	16%
11	Corte Manual	310	26%
11	Corte Mecânico	687	58%
12	Plantio Manual	192	16%
12	Corte Manual	310	26%
12	Corte Mecânico	687	58%
13	Plantio Manual	192	16%
13	Corte Manual	310	26%
13	Corte Mecânico	687	58%
14	Plantio Manual	192	16%
14	Corte Manual	310	26%
14	Corte Mecânico	687	58%
15	Plantio Manual	192	16%
15	Corte Manual	310	26%
15	Corte Mecânico	687	58%
16	Plantio Manual	192	16%

Tabela 14 (cont.): Área alocada pelo modelo para cada uma das políticas adotadas para os locais com declividade menor ou igual a 8%.

Ano	Política	Área (mil ha)	% da área
16	Corte Manual	310	26%
16	Corte Mecânico	687	58%

Visando avaliar melhor a introdução do corte mecânico foram analisados os resultados das áreas com declividade menor que 8% para cada uma das faixas de distância. Os resultados obtidos mostram que para as áreas com uma distância menor que 10 km toda a área foi alocada para corte mecânico já a partir do primeiro ano. Para a faixa de distância de 10 a 20 km, houve uma expansão da área colhida até o quarto ano e a partir daí toda a área passou a ser colhida mecanicamente. Na terceira faixa de distância adotada, de 20 a 30 km, somente o corte manual era praticado até o terceiro ano sendo introduzido a partir do quarto ano o corte mecânico em % da área, porcentagem esta que não se alterou até o último ano do planejamento. O resumo destes resultados são apresentados na Tabela 15, Tabela 16 e Tabela 17.

Finalmente, a Tabela 18 mostra os resultados obtidos nas áreas com distância superior a 30 km, onde somente o corte manual foi adotado.

Tabela 15 : Área alocada pelo modelo para cada uma das políticas adotadas para os locais com declividade menor ou igual a 8% e distância menor ou igual a 10 km.

Ano	Política	Área (mil ha)	% da área
1	Plantio Manual	59	16%
1	Corte Mecânico	317	82%
2	Plantio Manual	59	16%
2	Corte Mecânico	317	82%
3	Plantio Manual	59	16%
3	Corte Mecânico	317	82%
4	Plantio Manual	59	16%
4	Corte Mecânico	317	82%
5	Plantio Manual	59	16%
5	Corte Mecânico	317	82%
6	Plantio Manual	59	16%
6	Corte Mecânico	317	82%
7	Plantio Manual	59	16%
7	Corte Mecânico	317	84%
8	Plantio Manual	59	16%
8	Corte Mecânico	317	84%
9	Plantio Manual	59	16%
9	Corte Mecânico	317	84%
10	Plantio Manual	59	16%
10	Corte Mecânico	317	84%
11	Plantio Manual	59	16%
11	Corte Mecânico	317	84%
12	Plantio Manual	59	16%

Tabela 15 (cont.): Área alocada pelo modelo para cada uma das políticas adotadas para os locais com declividade menor ou igual a 8% e distância menor ou igual a 10 km.

Ano	Política	Área (mil ha)	% da área
12	Corte Mecânico	317	84%
13	Plantio Manual	59	16%
13	Corte Mecânico	317	84%
14	Plantio Manual	59	16%
14	Corte Mecânico	317	84%
15	Plantio Manual	59	16%
15	Corte Mecânico	317	84%
16	Plantio Manual	59	16%
16	Corte Mecânico	317	84%

Tabela 16 : Área alocada pelo modelo para cada uma das políticas adotadas para os locais com declividade menor ou igual a 8% e distância maior que 10 km e menor ou igual a 20 km.

Ano	Política	Área (mil ha)	% da área
1	Plantio Manual	65	16%
1	Corte Manual	193	47%
1	Corte Mecânico	156	37%
2	Plantio Manual	65	16%
2	Corte Manual	113	27%

Tabela 16 (cont.): Área alocada pelo modelo para cada uma das políticas adotadas para os locais com declividade menor ou igual a 8% e distância maior que 10 km e menor ou igual a 20 km.

Ano	Política	Área (mil ha)	% da área
2	Corte Mecânico	236	57%
3	Plantio Manual	65	16%
3	Corte Manual	48	12%
3	Corte Mecânico	301	72%
4	Plantio Manual	65	16%
4	Corte Mecânico	349	84%
5	Plantio Manual	65	16%
5	Corte Mecânico	349	84%
6	Plantio Manual	65	16%
6	Corte Mecânico	349	84%
7	Plantio Manual	65	16%
7	Corte Mecânico	349	84%
8	Plantio Manual	65	16%
8	Corte Mecânico	349	84%
9	Plantio Manual	65	16%
9	Corte Mecânico	349	84%
10	Plantio Manual	65	16%
10	Corte Mecânico	349	84%
11	Plantio Manual	65	16%
11	Corte Mecânico	349	84%
12	Plantio Manual	65	16%
12	Corte Mecânico	349	84%

Tabela 16 (cont.): Área alocada pelo modelo para cada uma das políticas adotadas para os locais com declividade menor ou igual a 8% e distância maior que 10 km e menor ou igual a 20 km.

Ano	Política	Área (mil ha)	% da área
13	Plantio Manual	65	16%
13	Corte Mecânico	349	84%
14	Plantio Manual	65	16%
14	Corte Mecânico	349	84%
15	Plantio Manual	65	16%
15	Corte Mecânico	349	84%
16	Plantio Manual	65	16%
16	Corte Mecânico	349	84%

Tabela 17 : Área alocada pelo modelo para cada uma das políticas adotadas para os locais com declividade menor ou igual a 8% e distância maior que 20 km e menor ou igual a 30 km.

Ano	Política	Área (mil ha)	% da área
1	Plantio Manual	36	17%
1	Corte Manual	181	83%
2	Plantio Manual	36	17%
2	Corte Manual	181	83%
3	Plantio Manual	36	17%
3	Corte Manual	181	83%

Tabela 17 (cont.): Área alocada pelo modelo para cada uma das políticas adotadas para os locais com declividade menor ou igual a 8% e distância maior que 20 km e menor ou igual a 30 km.

Ano	Política	Área (mil ha)	% da área
4	Plantio Manual	36	17%
4	Corte Manual	161	73%
4	Corte Mecânico	20	10%
5	Plantio Manual	36	17%
5	Corte Manual	160	73%
5	Corte Mecânico	21	10%
6	Plantio Manual	36	17%
6	Corte Manual	160	73%
6	Corte Mecânico	21	10%
7	Plantio Manual	36	17%
7	Corte Manual	160	73%
7	Corte Mecânico	21	10%
8	Plantio Manual	36	17%
8	Corte Manual	160	73%
8	Corte Mecânico	21	10%
9	Plantio Manual	36	17%
9	Corte Manual	160	73%
9	Corte Mecânico	21	10%
10	Plantio Manual	36	17%
10	Corte Manual	160	73%
10	Corte Mecânico	21	10%
11	Plantio Manual	36	17%

Tabela 17 (cont.): Área alocada pelo modelo para cada uma das políticas adotadas para os locais com declividade menor ou igual a 8% e distância maior que 20 km e menor ou igual a 30 km.

Ano	Política	Área (mil ha)	% da área
11	Corte Manual	160	73%
11	Corte Mecânico	21	10%
12	Plantio Manual	36	17%
12	Corte Manual	160	73%
12	Corte Mecânico	21	10%
13	Plantio Manual	36	17%
13	Corte Manual	160	73%
13	Corte Mecânico	21	10%
14	Plantio Manual	36	17%
14	Corte Manual	160	73%
14	Corte Mecânico	21	10%
15	Plantio Manual	36	17%
15	Corte Manual	160	73%
15	Corte Mecânico	21	10%
16	Plantio Manual	36	17%
16	Corte Manual	160	73%
16	Corte Mecânico	21	10%

Tabela 18 : Área alocada pelo modelo para cada uma das políticas adotadas para os locais com declividade menor ou igual a 8% e distância maior que 30 km.

Ano	Política	Área (mil ha)	% da área
1	Plantio Manual	32	18%
1	Corte Manual	149	82%
2	Plantio Manual	32	18%
2	Corte Manual	149	82%
3	Plantio Manual	32	18%
3	Corte Manual	149	82%
4	Plantio Manual	32	18%
4	Corte Manual	149	82%
5	Plantio Manual	32	18%
5	Corte Manual	149	82%
6	Plantio Manual	32	18%
6	Corte Manual	149	82%
7	Plantio Manual	32	18%
7	Corte Manual	149	82%
8	Plantio Manual	32	18%
8	Corte Manual	149	82%
9	Plantio Manual	32	18%
9	Corte Manual	149	82%
10	Plantio Manual	32	18%
10	Corte Manual	149	82%
11	Plantio Manual	32	18%
11	Corte Manual	149	82%
12	Plantio Manual	32	18%

Tabela 18 (cont.): Área alocada pelo modelo para cada uma das políticas adotadas para os locais com declividade menor ou igual a 8% e distância maior que 30 km.

Ano	Política	Área (mil ha)	% da área
12	Corte Manual	149	82%
13	Plantio Manual	32	18%
13	Corte Manual	149	82%
14	Plantio Manual	32	18%
14	Corte Manual	149	82%
15	Plantio Manual	32	18%
15	Corte Manual	149	82%
16	Plantio Manual	32	18%
16	Corte Manual	149	82%

Durante o horizonte de planejamento em estudo, o aumento da mecanização do corte de cana provocou uma diminuição na utilização da mão-de-obra na época de safra. A Tabela 19 mostra a evolução da utilização de mão-de-obra no período de safra.

Tabela 19: Uso de mão de obra durante o horizonte de planejamento.

Ano	Homens	t.cana colhidas manualmente (milhões ton.)	% do total de cana
1	46072	103.7	73%
2	43597	98.1	69%
3	41122	92.5	65%
4	38647	87.0	61%

Tabela 19 (cont.): Uso de mão de obra durante o horizonte de planejamento.

Ano	Homens	t.cana colhidas manualmente (milhões ton.)	% do total de cana
5	38647	87.0	61%
6	38647	87.0	61%
7	38647	87.0	61%
8	38647	87.0	61%
9	38647	87.0	61%
10	38647	87.0	61%
11	38647	87.0	61%
12	38647	87.0	61%
13	38647	87.0	61%
14	38647	87.0	61%
15	38647	87.0	61%
16	38647	87.0	61%

6.2. Discussão dos resultados

Os resultados apresentados pela simulação são bastante coerentes com o que era esperado dado as informações iniciais fornecidas ao sistema. O fato de somente 3 políticas serem utilizadas pode ser facilmente explicado.

Inicialmente, das 4 atividades criadas para plantio de cana, duas previam plantio mecanizado. Como este é um projeto em desenvolvimento, ou seja não existem plantadoras disponíveis, nenhuma destas políticas poderia ser acionada. A terceira alternativa para plantio era de plantio manual com incorporação de palha, o que pressupõe haver um corte de cana crua anteriormente à reforma. Como nenhuma alternativa de cana crua foi acionada não poderia ser utilizada nenhuma política com incorporação de palha. Portanto, para o plantio, restou somente uma alternativa: plantio manual sem incorporação de palha. Esta foi a alternativa adotada pelo modelo para todo o horizonte de planejamento.

A análise da resposta obtida para as áreas em estágio de corte é um pouco mais complexa. Os dados utilizados mostram um custo de corte, carregamento e transporte para a cana crua bastante superiores ao da cana queimada. Apesar de terem sido utilizados valores de produtividade e qualidade tecnológica superiores para a cana crua, este aumento na receita

não foi suficiente para tornar o corte de cana crua uma atividade interessante para o modelo. Além disso, a palha não estaria gerando nenhuma renda adicional pois o custo de recolhimento da palha com a tecnologia disponível atualmente foi maior do que a receita produzida pela energia elétrica que seria fornecida para a rede ou pelo bagaço hidrolisado que seria produzido se a palha fosse levada para a indústria. Estes motivos explicam o porque de nenhuma política relacionada com corte de cana crua ter sido adotada pelo modelo ao longo do horizonte de planejamento.

A introdução do corte mecanizado pode ser explicado pelo fato de o custo operacional utilizado para o corte mecânico de cana queimada ser menor do que o de corte manual de cana queimada. Nas áreas com declividade acima de 8% o corte mecânico não foi acionado pois este limite foi imposto como declividade máxima para a mecanização do corte com os equipamentos disponíveis hoje no mercado. O resultado mais interessante sobre este aspecto foi a não utilização do corte mecânico em toda a área com declividade menor do que 8%. Este fato pode ser explicado pelo custo de transporte. O custo de transporte de cana colhida mecanicamente foi considerado mais alto pelo fato da capacidade de carga dos caminhões ser menor quando em comparação com o corte manual de cana. Com isto, o modelo optou por alocar o corte mecânico somente nas áreas mais

próximas às usinas, permanecendo com o corte manual nas áreas mais distantes.

Finalmente, a diminuição da utilização de mão-de-obra é um fator de grande preocupação pois, mesmo sem a introdução de nenhuma das diversas novas tecnologias em desenvolvimento nesta área, a utilização de mão-de-obra deve cair em cerca de 16%. Isto representa uma disponibilização de cerca de 7500 pessoas. Deve-se destacar que as tecnologias em desenvolvimento visam permitir o corte mecânico em áreas com declividade maior, o que deverá atender à pressão ecológica para a introdução rápida do corte de cana crua, que tende a ser viável somente com o corte mecânico.

7. CONCLUSÕES E SUGESTÕES

7.1. CONCLUSÕES

O presente trabalho permite concluir que o modelo adotado conseguiu representar o sistema produtivo agroindustrial da cana-de-açúcar e possibilita a avaliação do efeito causado pela introdução de tecnologias relativas à eliminação ou redução da queima de palha de cana bem como de fatores externos como a disponibilidade de mão-de-obra. A simulação realizada forneceu resultados coerentes com a expectativa existente em relação às informações fornecidas.

De um modo geral, o modelo é especialmente indicado para avaliar a variação de custos de produção, uso de mão-de-obra, destino da palha de cana que deixa de ser queimada (assim como dos preços dos produtos originados), evolução da produtividade agrícola e características tecnológicas da matéria-prima provocadas pela introdução de tecnologias. O horizonte de 16 anos garante que todas as tecnologias tenham tempo hábil para serem introduzidas.

7.2. SUGESTÕES

Para a continuação das pesquisas pode-se sugerir:

- a) a utilização de diferentes coeficientes de preços dos produtos gerados pela palha de cana assim como dos seus custos de produção;
- b) uma análise de sensibilidade sobre a eficiência dos equipamentos em estudo visando obter os valores onde a pesquisa agrícola necessitaria chegar para tornar esta tecnologia viável;
- c) a incorporação de outras tecnologias como por exemplo a inclusão de diferentes sistemas de transporte;

8. BIBLIOGRAFIA

- AGUILAR, Antonio et alii. La combustión de los residuos agrícolas de la caña de azúcar. Parte 1. Características combustibles. *Cuba Azucar*. 40-47, Ene./Mar. 1989.
- ATCHISON, Joseph H. Making bagasse available for pulp, paper, paperboard, fibreboard, particleboard, and other industrial products at what price: equivalent fuel values of bagasse and other fibrous raw materials as compared to fossil fuels. In: INTERNATIONAL SOCIETY OF SUGAR CANE TECHNOLOGISTS, 16., São Paulo, Sep. 9-20, 1977. Proceedings. São Paulo, 1978. p. 3129-3144.
- AYER, H.W. e SCHUH, G.E. Taxa de retorno social e outros aspectos da pesquisa agrícola: o caso da pesquisa do algodão em São Paulo, Brasil. In: ARAÚJO, P.F.C. de . *Desenvolvimento da agricultura, educação, pesquisa e assistência técnica*. Editora Pioneira, 1975. 238 p.- pg 117-137.
- AYALA, H.G. Experiencia argentina en el uso alternativo de la caña de azúcar para energia y alimento. México, GEPLACEA, 1987. p. 57-63. (*Coleccion GEPLACEA, Serie Diversificacion*).
- BASSINELLO, A.L. *Implicações agrícolas e industriais da colheita de cana crua*. Araras. IAA/PLANALSUCAR.COSUL. 1988 55p.
- CETESB. *Cálculo preliminar da energia liberada anualmente na queima dos canaviais brasileiros*. São Paulo, 1985.
- DEGASPARI, N. et alii. A queima de cana-de-açúcar, os efeitos sobre a população da broca. *Diatraea saccharalis* (Fabr. 1794), seus predadores e parasitos. *STAB*, Piracicaba, 1(5):35-40, maio/jun. 1983.
- EILAND, B.R. & CLAYTON J.E. Performance and energy considerations in mechanical sugar cane harvesting without preharvest burning: *Florida progress report. Journal American Sugar Cane Technologists*. Baton Rouge, 1:15-9. July 1982.

- EILAND, B.R. & CLAYTON, J.E. Collection of sugarcane crop residue for energy. In: AMERICAN SOCIETY OF AGRICULTURAL ENGINEERS, Chicago, Dec. 14-17, 1987. Winter meeting. St. Joseph, 1982. 6p. (Paper 82-3586).
- EVENSON, R.E. *Economic aspects of the organization of agricultural Research*. In: *Resource allocation in agricultural Research*. Edited by Walter L. Fishel, 1971. University of Minnesota. 391 p. - p.163-182.
- FERNANDES, A.C. Qualidade tecnológica da cana de açúcar. *Relatório técnico COPERSUCAR*, 1988.
- FISHEL, W.L. The Minnesota agricultural Research resource allocation information system and experiment. In: *Resource allocation in agricultural Research*. Edited by Walter L. Fishel, 1971. University of Minnesota. 391 p. - p.344-382.
- FOSTER, D.H. & IVIN, P.C. Losses of sugar cane and water from canes in fires. In: CONFERENCE OF THE AUSTRALIAN SOCIETY OF SUGAR CANE TECHNOLOGISTS. Burdaberg, 1981. *Proceedings*, p.13-20.
- FOSTER, D.H. et alli. Estudios en el deterior de la caña de azúcar en Australia. *Tecnologia GEPLACEA*, México (16):111-28, 1980.
- FURLANI NETO, V.L. et alii. Effects of green and burned cane on cane quality, cane losses, crop residues and chopper harvester performance. In: INTERNATIONAL SOCIETY OF SUGAR CANE TECHNOLOGISTS, 20., São Paulo, Oct. 12-21, 1989. *Proceedings*. São Paulo, 1989. p. 1043-1048.
- GASCHO, G.J. et alli. Sugarcane deterioration during storage as affected by chopping, delay in milling, and burning. In: MEETINGS OF THE AMERICAN SOCIETY OF SUGAR CANE TECHNOLOGISTS, 2. Flórida, 1972. *Proceedings*. p.168-74.
- GRILICHES, Z. Despesas em pesquisa e educação na função de produção agrícola agregada. In: *Uso alternativo de la caña de azúcar para energia y alimento*. México, GEPLACEA, 1987. p. 57-63. (Colección GEPLACEA, Serie Diversificación).p.101-115.

- HALL, D.O., MYNICK, H.E e WILLIAMS, R.H., 1990. Carbon sequestration versus fossil fuel substitution - PO/CEES Report 255, Princeton University.
- HAYAMI, Y. e RUTTAN, V.W. Preços dos fatores e mudança técnica no desenvolvimento da agricultura: Estados Unidos e Japão 1880-1960 In: *Uso alternativo de la caña de azucar para energia y alimento*. México, GEPLACEA, 1987. p. 57-63. (Coleccion GEPLACEA, Serie Diversificacion).p.53-76.
- HEADY, E.O. Welfare implications of agricultural Research. In: *Resource allocation in agricultural Research*. Edited by Walter L. Fishel, 1971. University of Minnesota. 391 p. - p.121-137.
- KALDOR, D.R. Social returns to research and objectives of public research. In: *Resource allocation in agricultural Research*. Edited by Walter L. Fishel, 1971. University of Minnesota. 391 p. - p.62-79.
- KIRCHHOFF, V. e SAHAI, Y, 1985. Medidas de ozônio a bordo do avião Bandeirante do Inpe, *Revista Brasileira de Geofísica*, V.4, 21-26.
- KIRCHHOFF, V. et alli, 1991. Enhancements of CO and O₃ from burnings in sugar cane fields, *Journal of Atmospheric Chemistry*, 12, 87-102.
- LOPEZ, Pedro A. Recolección de barbojo como fuente energética en el Central Romana. In: *Uso alternativo de la caña de azucar para energia y alimento*. México, GEPLACEA, 1987. p. 57-63. (Coleccion GEPLACEA, Serie Diversificacion).
- MACEDO, I.C. Agroindústria da cana-de-açúcar: Participação na redução da taxa de carbono atmosférico no Brasil, *Relatório Técnico COPERSUCAR*, 1991.
- MACEDO, I.C. e NOGUEIRA, L.A.H., Balanço de Energia na Produção de Cana-de-Açúcar e Álcool nas Usinas Cooperadas, *Boletim Técnico Copersucar*, 31/85: 22-23.

- MAHLSTEDE, J.P. Long-range planning at the Iowa Agricultural and Home Economics Experiment Station. In: *Resource allocation in agricultural Research*. Edited by Walter L. Fishel, 1971. University of Minnesota. 391 p. - p.326-343.
- MATHUR, P.S. e SAKSENA, M.M. On the utility of trash mulch in sugar cane ratoons. 1965, *Indian Sugarcane Journal*, 10(1).p.24-27.
- MOLINA JR., Walter Francisco et alii. Estudo preliminar sobre enfardamento de resíduos de colheita de cana-de-açúcar (*Saccharum spp.*). 18 p. Dep. Eng. Rural, ESALQ, USP - Piracicaba, 1991.
- NICKELL, L.G., 1970. Comparisons of burning Vs. now-burning of cane I field, Annual Confrence Hawaiian Sugar Technologists, 29. *Reports*, 101-110.
- ORSENIGO, J.R. A harvest comparison of green and burned sugarcane. *Technical Bulletin 794*, Institute of Food and Agricultural Sciences, California, Abril 1978, 30p.
- PAULSEN, A.A. The pricing of Research output. In: *Resource allocation in agricultural Research*. Edited by Walter L. Fishel, 1971. University of Minnesota. 391 p. - p.80-89.
- PETERSON, H.L. The returns to investment in Agricultural Research in the United States. In: *Resource allocation in agricultural Research*. Edited by Walter L. Fishel, 1971. University of Minnesota. 391 p. - p.139-162.
- PIZYSIEZNIG FILHO, J. Um modelo de avaliação de novas tecnologias: o caso do aproveitamento dos subprodutos do cacau. Dissertação de Mestrado em Economia Agrária pela ESALQ-USP. Piracicaba. 1987.
- PUTERBAUGH, H.L. An application of Planning-Programming-Budgeting (PPB) in the Agricultural Research Service. In: *Resource allocation in agricultural Research*. Edited by Walter L. Fishel, 1971. University of Minnesota. 391 p. - p.316-315.
- REDMAN, E.H. Deterioro de cana quemada. *El Cañero*, Santo Domingo, 6(8):6-7, ago. 1977.

- RIPOLI, T.C. Do facão a mecanização, a colheita da cana-de-açúcar. *Agricultura de Hoje*, Rio de Janeiro, 4(44):32-5, dez. 1978.
- RIPOLI, T.C. et alii. Critério para avaliação de estado de canaviais visando a colheita. *Brasil Açucareiro*, Rio de Janeiro, 4(44):32-5, dez. 1978.
- RIPOLI, T.C.C. et alii. Equivalente energético do palhço da cana-de-açúcar. Piracicaba, ESALQ/USP. 14 p.1990.
- RIPOLI, Tomaz Caetano & MOLINA JR., Walter F. Cultura canavieira: um desperdício energético. *Maquinaria Agrícola*, 6 (1): 2-3, Jan. 1991.
- RIPOLI, Tomaz Caetano; MIALHE, Ruiz Geraldo & BRITO, José Otávio. Queima de canavial: o desperdício não mais admissível. *Álcool & Açúcar*, 10 (54): 18-23, Jul./Ago. 1990.
- SALLAWAY, M.M. Trash retention as a soil conservation technique. *Proceedings of Australian Society of Sugar Cane Technologists*. 1979. p.133-137.
- TOLEDO, P.E.N., YOSHII, R.J., OTANI, M.N. Avaliação do potencial de uso de colheitadeiras de cana-de-açúcar no Estado de São Paulo. *Informações Econômicas* 21(6). Junho, 1991.
- TURNER, A.W. El deterioro de la caña de azúcar después de su corte. In: *Proceedings do V Conferencia del Instituto Tecnológico Azucarero Veracruz*. Cordoba, 1961. p.455-475.
- TICHENOR, P.J. e RUTTAN, V.W. Problems and issues in Resource allocation for Agricultural Research. In: *Resource allocation in agricultural Research*. Edited by Walter L. Fishel, 1971. University of Minnesota. 391 p. - p.3-22.
- WOOD, R.A. & TOIT, J.L. Deterioration losses in whole stalk sugarcane. In: ANNUAL CONGRESS OF THE SOUTH AFRICAN SUGAR TECHNOLOGISTS ASSOCIATION, 46. Mount Edgecombe, 1972. *Proceedings*, p.151-7.

- WOOD, R.A. Varietal differences in rate deterioration of whole stalk sugarcane. IN: ANNUAL CONGRESS OF THE SOUTH AFRICAN SUGAR TECHNOLOGISTS ASSOCIATION, 47. Mout Edgecombe, 1973. *Proceedings*. p.133-9.
- YOUNG, H.E. Deterioration of burnt standing cane and burnt cut cane. In: CONGRESS OF THE ISSCT, 11, Maurititiu, 1962. *Proceedings*. Amsterdam, Elsevier, 1983. p.307-18.