UNIVERSIDADE DE SÃO PAULO
ESCOLA DE ENGENHARIA DE SÃO CARLOS

CATIA CRISTINA TEODORO

**Simulação do uso da cana-de-açúcar como um componente do iLPF,
localizada na Embrapa Pecuária Sudeste, através do modelo WaNuLCAS e
de entrevista.**

São Carlos

2019

CATIA CRISTINA TEODORO

Versão Revisada

**Simulação do uso da cana-de-açúcar como um componente do iLPF,
localizada na Embrapa Pecuária Sudeste, através do modelo WaNuLCAS e
de entrevista.**

Dissertação apresentada à Escola de Engenharia de
São Carlos da Universidade de São Paulo para a
obtenção do título de Mestre em Ciências da
Engenharia Ambiental.

Área de Concentração: Ciências Ambientais

Orientador: Prof. Dr. Silvio Crestana

São Carlos

2019

**AUTORIZO A REPRODUÇÃO TOTAL OU PARCIAL DESTES TRABALHOS,
POR QUALQUER MEIO CONVENCIONAL OU ELETRÔNICO, PARA FINS
DE ESTUDO E PESQUISA, DESDE QUE CITADA A FONTE.**

Ficha catalográfica elaborada pela Biblioteca Prof. Dr. Sérgio Rodrigues Fontes da
EESC/USP com os dados inseridos pelo(a) autor(a).

T314s Teodoro, Catia
Simulação do uso da cana-de-açúcar como um
componente do iLPF, localizado na Embrapa Pecuária
Sudeste, através do modelo WaNuLCAS e de entrevista /
Catia Teodoro; orientador Silvio Crestana. São Carlos,
2019.

Dissertação (Mestrado) - Programa de
Pós-Graduação e Área de Concentração em Ciências da
Engenharia Ambiental -- Escola de Engenharia de São
Carlos da Universidade de São Paulo, 2019.

1. iLPF. 2. WaNuLCAS. 3. cana-de-açúcar. 4.
nativas. 5. Canfístula. I. Título.

FOLHA DE JULGAMENTO

Candidata: Licenciada **CATIA CRISTINA TEODORO**.

Título da dissertação: "Simulação do uso da cana-de-açúcar como um componente do ILPF, localizado na Embrapa Pecuária Sudeste, através do modelo WaNULCAS e de entrevista".

Data da defesa: 22/08/2019.

Comissão Julgadora:

Resultado:

Dr. **Silvia Crestana (Orientador)**
(Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária/EMBRAPA)

APROVADA

Prof. Dr. **Ciro Abbud Righi**
(Escola Superior de Agricultura "Luiz de Queiroz"/ESALQ-USP)

APROVADA

Dr. **Luís Fernando Guedes Pinto**
(Instituto de Manejo e Certificação Florestal e Agrícola/IMAFLORA)

APROVADA

Coordenador do Programa de Pós-Graduação em Ciências da Engenharia Ambiental:

Prof. Associado **Frederico Fábio Mauad**

Presidente da Comissão de Pós-Graduação:

Prof. Titular **Murilo Araújo Romero**

DEDICATÓRIA

*Este trabalho é dedicado à todas as pessoas, que independente de sua idade,
buscam conhecimento e que quando pequenas, sonhavam em se tornar cientistas.
Em especial aos pesquisadores do Departamento de Pós-Graduação em Ciências da
Engenharia Ambiental - USP*

À minha família que me incentivou e compreendeu.

AGRADECIMENTOS

Primeiramente a Deus, por ter me fornecido forças para seguir adiante.

Ao meu querido orientador Prof. Dr. Silvio Crestana pela capacidade de compreensão nos momentos críticos, pela paciência, mas acima de tudo por abrir a porta da ciência e me mostrar um novo mundo, por modificar e influenciar minha trajetória de vida.

Ao meu esposo Edilson Guimarães pela paciência, ajuda e compreensão nos dias difíceis, pelo sorriso, pela forma carinhosa de me incentivar, sem ele nada disso seria possível. Tenho grande admiração pelo profissional talentoso e dedicado que se tornou.

A Prof^a. Dra. Elisabete Gabriela Castellano, por acreditar em mim, por me incentivar, por ser tão generosa. Minha inspiração! Sinônimo de Diva!

Aos meus pais Madalena e Luis, e minha irmã Cassia por todo amor e compreensão, principalmente nos momentos de ausência.

A meus sogros Angelina e Francisco, aos meus cunhados (as) e sobrinhos (as) peço desculpa pelos momentos de ausência.

Aos amigos que fiz durante esse período, que me ouviram e dividiram comigo os momentos difíceis e as alegrias do caminho, Fabio Leandro, Marta Stefani, Aline Zaffani e Lucas Milani, obrigada pela paciência e por todo carinho e compreensão, obrigada por renovar minhas esperanças de que há no mundo pessoas boas e cheias de vida.

Ao grupo do Team Silvio: Alex, Nádia, Aline Zaffani, Cristiano, Ana Carolina, Aline, João e Otávio, aos momentos felizes de nossas reuniões e trocas de experiências.

Ao meu amigo e psicólogo Heitor Miranda pelo carinho e dedicação, por me ouvir com a delicadeza do coração.

Aos professores (as) Odete Rocha, Welber Smith, Vitor Ranieri, Evaldo Gaeta, Marcos Sorrentino, por todo conhecimento adquirido, sempre levarei vocês em meu coração.

A pesquisadora da Embrapa Pecuária Sudeste, Maria Luiza Nicodemo a idealizadora da área experimental, obrigado pelo acolhimento, paciência e por transferir tantos conhecimentos por meio de seu trabalho e dedicação.

Ao pesquisador da Embrapa Pecuária Sudeste, Dr. José Ricardo Pezzopane pela paciência e acolhimento nos momentos de dificuldade.

Ao Dr. Luis Fernando Guedes Pinto e Prof. Dr. Ciro Abbud pela ajuda e compreensão.

Aos funcionários e estagiários da Embrapa Instrumentação, em especial a Elita, Nelson, Julia Vitória, Vitória e Maria Vitória.

Ao grupo do departamento de Hidráulica e Saneamento da USP, Dimaghi e Jamir.

Aos queridos funcionários da secretaria da Pós-Graduação, Nelson e José Luiz.

Ao CNPq pela bolsa concedida.

EPIÍGRAFE

NÃO SEI

*Não sei se a vida é curta ou longa para nós,
mas sei que nada do que vivemos tem sentido,
se não tocarmos o coração das pessoas.*

*Muitas vezes basta ser: colo que acolhe,
braço que envolve, palavra que conforta,
silêncio que respeita, alegria que contagia,
lágrima que corre, olhar que acaricia,
desejo que sacia, amor que promove.*

*E isso não é coisa de outro mundo,
é o que dá sentido à vida.
É o que faz com que ela não seja nem curta,
nem longa demais, mas que seja intensa,
verdadeira, pura enquanto durar.*

*Feliz aquele que transfere o que sabe
e aprende o que ensina”.*

Cora Coralina

“Pensar grande, começar pequeno e agir rápido”

Silvio Crestana (2018)

RESUMO

TEODORO, C. C. **Simulação do uso da cana-de-açúcar como um componente do iLPF, localizada na Embrapa Pecuária Sudeste, através do modelo WaNuLCAS e de entrevista.** Dissertação (Mestrado em Ciências da Engenharia Ambiental) - Escola de Engenharia de São Carlos, Universidade de São Paulo, São Carlos, 2019.

A monocultura da cana-de-açúcar vem se perpetuando há décadas, principalmente pela importância econômica para os países que a produzem, mas esse sistema de produção pode ocasionar impactos negativos aos recursos naturais. O sistema integrado agropecuário é uma estratégia de produção sustentável que integra atividades agrícolas, pecuárias e florestais na mesma área, proporcionando benefícios ambientais. Este sistema agrícola pode ser viabilizado por meio de manejos adequados, como o sistema de plantio direto, rotação ou sucessão de cultura. Utilizar a cana-de-açúcar como um componente da iLPF, proporciona mudanças no uso da terra, devido a melhora da utilização dos recursos naturais, associando a produção agrícola aos interesses socioeconômicos e produzir de uma forma eficiente e harmônica. Este trabalho teve como objetivo propor um sistema integrado, como a iLPF, incluindo a cana-de-açúcar como um dos seus componentes, e avaliar a possível viabilidade dessa junção utilizando simulações qualitativas no modelo WaNuLCAS. O modelo simula as interações solo-cultura-árvore acima e abaixo do solo, levando em consideração as interação de água, nutrientes e luz. Para as simulações qualitativas foi necessário o uso e aplicação do software Stella Isee, para que o modelo fosse executado. A área de estudo selecionada é um sistema silviagrícola, situado na Embrapa Pecuária Sudeste, na cidade de São Carlos, contendo sete espécies de árvores nativas, plantadas em cinco faixas com espaçamento de 22m entre faixas, e com as espécies arbóreas espaçadas com 2,5 x 2,5 m entre árvores. A simulação realizada foi um consórcio entre a espécie arbórea Canafístula e a lavoura da cana-de-açúcar. As variáveis de entradas foram obtidas de bibliografias e dados reais. Valores obtidos pelo modelo demonstram a possível viabilidade do sistema. O questionário realizado levantou as principais considerações dos profissionais ligados tanto ao tema da cana-de-açúcar como da iLPF, sendo que a maioria dos entrevistados acreditam na possibilidade do uso da tecnologia.

Palavras-chave: iLPF; WaNuLCAS, cana-de-açúcar, nativas, Canafístula

ABSTRACT

TEODORO, C. C. **Simulation of sugar cane as component of iCLS, located at Embrapa Southeast Livestock, using WaNuLCAS model and interviews.** Dissertation (Master in Sciences of Environmental Engineering) - São Carlos School of Engineering, University of São Paulo, São Carlos, 2019.

Sugar cane monoculture has been perpetuated for decades, mainly due to its economic importance in sugar cane producing countries. However, this production system showcases disastrous consequences, depleting and contaminating natural resources. The Integrated Crop-Livestock Systems (ICLS) is a sustainable production strategy that integrates agricultural activities, livestock and forest in the same area, providing environmental benefits. This system requires suitable management such as no-tillage, succession or crop rotation and is based in ecological, economic and social interactions. Studying sugar cane as a component of ICLS means providing land usage change, improving the use of natural resources, associate agricultural production with socioeconomic interests and also produce in an efficient and harmonic way. The aim of this study is to propose an integrated system, such as ICLS, and to include sugar cane as a component, evaluating the viability of this insertion through interviews and qualitative simulations using WaNuLCAS model. Previously to the model application, the software Stella Isee was used. The selected area for this study is a combination of agriculture farm and forest, located at EMBRAPA Livestock Southeast, in São Carlos city. The place is composed by native species cultivated in five rows, separated from each other by 22m. The distance between the species is 2,5m. Simulation was performed considering consortium of *Peltophorum dubium* and sugar cane. The WaNuLCAS model simulates the interaction between soil, trees and crop. As model input data we used information from papers and also experimental data from sugar cane plantation, *Peltophorum dubium* trees and soil moisture. The results obtained with the model shows viability of the integration, and interviews with experts in sugar cane plantation and ICLS testify that they believe in the possibility of integration between those two species.

Key words: ICLS; WaNuLCAS, sugar cane, natives, *Peltophorum dubium*

Lista de Figuras

Figura 1: Modalidades da integração Lavoura-Pecuária Floresta	29
Figura 2: Sistema de plantio direto.....	31
Figura 3: Rotação e sucessão de culturas	32
Figura 4: Consórcio de culturas.....	32
Figura 5: Uso da iLPF em diferentes Estados	33
Figura 6: Quadro sobre os diferentes motivos da adoção da iLPF entre pecuaristas e agricultores	34
Figura 7: Croqui da Unidade experimental da Embrapa Pecuária Sudeste	43
Figura 8: Interações acima e abaixo do solo pelo modelo WaNuLCAS	46
Figura 9: Sistema Aleycrop	46
Figura 10: Sistema Parkland.....	47
Figura 11: Sistema Mosaic	47
Figura 12: Distribuição geral da camada de solo do WaNuLCAS.....	48
Figura 13: Arquivo Excel WaNuLCAS4.0.xls.....	49
Figura 14: Planilha de “pedotransferência” do modelo WaNuLCAS	50
Figura 15: Esquema da distribuição da espécie arbórea no modelo WaNuLCAS	51
Figura 16: Planilha “Crop Management”	52
Figura 17: Cronograma da colheita	52
Figura 18: Planilha “TreeLibrary”	53
Figura 19: Planilha Survey do TreeParameterisation	53
Figura 20: Principais blocos de construção do Stella Isee:	54
Figura 21: Interações dos blocos principais do modelo WaNuLCAS no Stella Isee	55
Figura 22: Execução do modelo WaNuLCAS4.0.xls.....	55
Figura 23: Importação da planilha WaNuLCAS4.0.xls	56
Figura 24: Inserindo o tempo de simulação no sistema Isee	56
Figura 25: Interfaces do modelo WaNuLCAS Stella Isee.....	57
Figura 26: Gráfico do modelo WaNuLCAS Stella Isee	57
Figura 27: Gráfico do crescimento da Canafístula	64
Figura 28: Gráfico do crescimento do diâmetro do tronco.....	65
Figura 29: Gráfico da largura e altura da copa da árvore	66
Figura 30: Gráfico da biomassa da Canafístula.....	66
Figura 31: Gráfico de correlação entre o crescimento e o desenvolvimento da Biomassa da Canafístula.....	67
Figura 32: Biomassa da lavoura da cana-de-açúcar	67
Figura 33: Desenvolvimento da biomassa da lavoura da cana-de-açúcar em terras com 15% de declividade.....	69
Figura 34: Gráfico dos indicadores da mudança do uso da terra.....	71
Figura 35: Gráfico dos indicadores da degradação do solo.....	73
Figura 36: Gráfico dos indicadores de biodiversidade e recuperação ambiental	76
Figura 37: Gráfico do uso da iLPF e cana-de-açúcar como políticas públicas	79
Figura 38: Gráfico dos indicadores sobre a geração de renda	81
Figura 39: Gráfico dos indicadores do componente social.....	84
Figura 40: Gráfico da opinião geral dos entrevistados sobre o possível uso da tecnologia	86

Lista de tabelas

Tabela 1: Categorização dos dados	59
Tabela 2: Categorização dos dados coletados do questionário.....	60
Tabela 3: Dados coletados na unidade experimental sobre a espécie Canafístula	61
Tabela 4: Dados de solo da unidade experimental	61
Tabela 5: Balanço hídrico simulado no modelo WaNuLCAS	62
Tabela 6: Balanço de Nitrogênio	63
Tabela 7: Comparação entre dados da unidade experimental e modelo WaNuLCAS	64
Tabela 8: Primeiro ciclo: evolução da biomassa da cana-de-açúcar (kg/m ²)	68
Tabela 9: Segundo ciclo: evolução da biomassa da cana-de-açúcar (kg/m ²)	68
Tabela 10: Indicadores da mudança do uso da terra.....	70
Tabela 11: Considerações dos entrevistados sobre os indicadores da mudança do uso da terra	71
Tabela 12: Indicadores do impacto sobre a degradação do solo	72
Tabela 13: Considerações dos entrevistados sobre os impactos da degradação do solo	73
Tabela 14: Consideração dos entrevistados em relação aos indicadores de biodiversidade e recuperação ambiental	76
Tabela 15: Considerações dos entrevistados em relação ao uso da tecnologia como possíveis políticas públicas	79
Tabela 16: Considerações dos entrevistados sobre os indicadores da geração de renda.....	81
Tabela 17: Considerações dos entrevistados sobre os indicadores do componente social.....	84

LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

CIB - Conselho de Informações Sobre Biotecnologia.

cm - Centímetros

CONAB - Companhia Nacional de Abastecimento

DAP - Diâmetro da altura do peito

F - Fósforo

FAO - Food and Agriculture Organization of the United Nations

FBA - Análise de ramificação fractal.

FTE BR 12 - Composto dos seguintes nutrientes enxofre, boro, cobre, manganês, molibdênio e zinco

g/m^2 - Gramas por metro quadrado

H - Altura

IAF - Índice de área foliar

iLF - Integração Lavoura-Floresta

iLP - Integração Lavoura-Pecuária

iLPF - Integração Lavoura-Pecuária-Floresta

kg/m^2 – Quilogramas por metro quadrado

l – litro

l/m^2 - litros por metro quadrado

m^2 - Metro quadrado

MAPA - Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento.

N - Nitrogênio

NPK - Nitrogênio, fósforo e potássio.

OCDE - Organização de Cooperação e de Desenvolvimento Económico

OECD - Organization for Economic Co-operation and Development

PF - Integração Pecuária-Floresta

SAF - Sistema Agroflorestal

SNA - Sociedade Nacional de Agricultura

SPD - Sistema de Plantio Direto

WaNuLCAS - Water, Nutrient and Light Capture in Agroforestry system

Sumário

1 INTRODUÇÃO.....	25
2 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA	26
2.1 A importância da cana-de-açúcar para o Brasil	26
2.1.1 Impactos da monocultura da cana-de-açúcar no ambiente.....	26
2.2 Sistemas integrados agropecuários	27
2.2.1 Sistema de plantio direto, rotação, sucessão e consórcio de culturas.	30
2.2.2 O crescimento da iLPF no Brasil	32
2.3 A importância das espécies nativas.....	36
2.4 Modelagem e simulações.....	38
2.4.1 Stella Isee	39
2.4.2 WaNuLCAS - Water, Nutrients and Light Capture in Agroforestry Systems	39
2.5 Entrevista e questionário.....	40
2.5.1 Análise de conteúdo	40
3 HIPÓTESE DO TRABALHO.....	41
4 JUSTIFICATIVA	41
5 OBJETIVO GERAL.....	41
5.1 Objetivo específico	42
6 MATERIAIS E MÉTODOS: Parte 1	42
6.1 Área de Estudo.....	42
6.2 Coleta de dados das espécies arbóreas.....	45
6.3 Uso do modelo WaNuLCAS para simulação entre o consórcio da Canafístula e a cultura da cana-de-açúcar.....	45
6.3.1 Dados de entrada do solo	49
6.3.2 Dados meteorológicos	50
6.3.3 Opções de espaçamento da espécie arbórea.....	50
6.3.4 Calendário de plantio da Canafístula	51
6.3.5 Calendário de plantio da lavoura da cana-de-açúcar.....	51
6.3.6 Preenchimento das planilhas sobre os dados fenológicos da espécie arbórea	52
6.3.7 Tree Parameterization	53
6.4 Stella Isee: plataforma de simulação do modelo WaNuLCAS.....	54
6.5 MATERIAIS E MÉTODOS: parte 2.....	58
6.5.1 Pesquisa de opinião	58
6.5.2 População e amostra.....	58

6.5.3 Categorização dos dados.....	59
6.5.4 Análise de conteúdo.....	60
7 RESULTADO E DISCUSSÃO: parte 1	60
7.1 RESULTADO E DISCUSSÃO: parte 2	69
8 CONCLUSÃO: parte 1	87
8.1 Conclusão: Parte 2.....	87
8.1.2 Conclusão Geral.....	87
9 SUGESTÕES PARA TRABALHOS FUTUROS	88
10 REFERÊNCIAS.....	88

1 INTRODUÇÃO

Segundo a Companhia Nacional de Abastecimento – CONAB, a safra 2016/2017 da cana-de-açúcar está estimada em cerca de 690,98 milhões de toneladas, com crescimento estimado em 3,8% a mais que na safra anterior, com uma área cultivada de 9.073,7 mil hectares. Com isso, a produção de açúcar deverá atingir 37,5 milhões de toneladas e o etanol deverá manter-se acima de 30 bilhões de litros (CONAB, 2017).

A maior quantidade de terras agricultáveis a serem exploradas do mundo encontra-se no Brasil; assim, o país será um ponto estratégico na produção e exportação de produtos agrícolas e de energia renovável. Com a expectativa de crescimento, o setor sucroalcooleiro terá que enfrentar a grande dificuldade do futuro, produzir de uma forma sustentável. (MARTINELLI; FILOSO, 2008; ZIMMERMANN, 2011).

O sistema integrado agropecuário vem sendo estudado com a finalidade de ser usado para ajudar na eficiência da produção agrícola (VILELA et al., 2011). É uma estratégia de produção sustentável, que integra atividades agrícolas, pecuárias e florestais na mesma área, ao ser realizado por meio de rotação, consórcio ou sucessão de culturas (BALBINO et al., 2011).

Uma das modalidades do sistema integrado agropecuário é a integração lavoura-pecuária-floresta (iLPF). É um sistema diversificado de produção de alimento, fibra, energia, produto madeireiro, vegetal e animal na mesma área, uma alternativa de produção voltada para recuperação de áreas alteradas ou degradadas, proporcionando sinergismo entre seus componentes. A integração é realizada por meio de rotação, consórcio ou sucessão de culturas. O objetivo da iLPF é atingir elevada qualidade do produto, qualidade ambiental e competitividade. É uma estratégia para a conservação dos recursos naturais e intensiva melhora de pastos degradados (BALBINO et al., 2011; MACHADO, 2011; VILELA et al., 2011).

A iLPF é uma estratégia de produção sustentável que vem crescendo no Brasil como importante opção para o setor agropecuário. Diante do exposto, este trabalho tem como objetivo propor um sistema integrado, como a integração Lavoura-Pecuária-Floresta, incluindo a cana-de-açúcar como um dos seus componentes e avalia-lo por meio do modelo WaNuLCAS. Este trabalho justifica-se pelo fato de a cultura da cana-de-açúcar, nos dias atuais, ser feita em grande escala, por meio dos sistemas de monocultura, os quais possuem muitas limitações. Há importância de se estudar a cana-de-açúcar como um componente da

iLPF, buscando proporcionar mudança no uso da terra, melhorando a utilização dos recursos naturais e associando a produção agrícola aos interesses socioeconômicos e ambientais.

2 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

2.1 A importância da cana-de-açúcar para o Brasil

No ano de 2016 a cana-de-açúcar foi o terceiro produto mais exportado pelo Brasil, ficando abaixo somente da soja e carne, tendo grande participação nos lucros da economia brasileira. A produção estimada da safra de açúcar 2016/2017 é de 690,98 milhões de toneladas, com um crescimento estimado em 3,8% a mais que na safra anterior, com uma área cultivada de 9.073,7 mil hectares. Com isso, a produção de açúcar deverá atingir 37,5 milhões de toneladas e o etanol deverá manter-se acima de 30 bilhões de litros (CONAB, 2016).

As indústrias brasileiras, por meio da produção de etanol, têm o maior sistema de produção de energia comercial de biomassa do mundo (energia renovável), substituindo o uso de 40% da gasolina do país (RONQUIM, 2010). O protocolo de Kyoto enfatizou a preocupação mundial com a preservação do meio ambiente e energias renováveis, buscando um substituto do petróleo. Dessa forma, há necessidade da expansão do setor sucroalcooleiro para suprir a demanda de energia renovável, assim como de outros produtos, tanto no mercado interno como externo. (CIB, 2009; OECD/FAO, 2015).

2.1.1 Impactos da monocultura da cana-de-açúcar no ambiente

A maneira como são simplificados os sistemas de produções agropecuários não levam em consideração a complexidade dos ecossistemas, causando impactos negativos, como os desmatamentos, desertificação e degradação do solo, sendo um possível perigo à segurança alimentar e à continuidade da espécie humana. As grandes propriedades rurais mundiais são as maiores detentoras dos sistemas de monoculturas. O Brasil é um país agrário e utiliza-se desse sistema de produção agrícola, produzindo em larga escala monoculturas de cana-de-açúcar, café, soja etc. (ZIMMERMANN, 2011).

As monoculturas em geral causam grandes impactos ambientais, devido ao intenso uso dos recursos naturais, comprometendo os serviços prestados pelos ecossistemas. As principais degradações causadas pela monocultura da cana-de-açúcar estão ligadas aos recursos

ambientais como solo, água, atmosfera, fauna e flora. (MARTINELLI; FILOSO, 2008; ZIMMERMANN, 2011).

As degradações ocorridas no solo advêm da compactação e erosão causadas pela utilização de pesadas máquinas agrícolas, utilizadas tanto no cultivo quanto na colheita da plantação. A erosão se dá pela exposição nua do solo, que acontece nos períodos de colheita, rebrota e no processo inicial do plantio, deixando o solo exposto ao sol, chuva e vento. A erosão, por sua vez, acarreta outro grande problema ambiental, a deterioração dos sistemas aquáticos. A deterioração dos sistemas aquáticos acontece na medida em que os sedimentos são transportados aos rios, áreas úmidas e reservatórios, contaminando as águas com metais pesados, vindos de pesticidas e fertilizantes depositados nos solos, afetando a qualidade da água e as funções dos ecossistemas aquáticos. Para a abertura de novas áreas para plantio, ocorre o desmatamento, que traz a perda da vegetação e de animais típicos da região; a queima da cana-de-açúcar, por sua vez, está associada à poluição, fuligem e à produção de gases que auxiliam no aquecimento global (GALHARTE; VILLELA; CRESTANA, 2014; MARTINELLI; FILOSO, 2008; RONQUIM, 2010).

A cana-de-açúcar passou a ser indispensável à economia brasileira, pois representa uma grande porcentagem do agronegócio brasileiro. Porém, como toda a agricultura, vem sofrendo pressões sociais que buscam modelos mais sustentáveis de produção. Segundo Gonçalves & Souza (1998), a agricultura vem sofrendo pressões sociais para incorporar as preocupações com o meio ambiente, que vieram com o fortalecimento da consciência ambiental e do poder político dos ambientalistas na sociedade moderna.

2.2 Sistemas integrados agropecuários

Pinto e Crestana (1998) afirmam que os modelos adotados e as técnicas aplicadas aos agroecossistemas dominantes no mundo, as monoculturas, têm causado sérios impactos ambientais, como desmatamento, degradação e contaminação dos solos e recursos hídricos.

Segundo Engel (1999) sistemas agroflorestais podem contribuir para a solução de problemas no uso dos recursos naturais, por causa das funções biológicas e socioeconômicas. O objetivo principal dos SAFs é aperfeiçoar o uso da terra, conciliando a produção florestal com a produção de alimentos, conservando o solo e diminuindo a pressão da produção agrícola.

Agrossilvicultura é um sistema de uso da terra onde plantas lenhosas perenes são cultivadas em associação com plantas herbáceas e ou animais, em uma mesma unidade de manejo. Para que isso ocorra, é necessário levar em consideração o arranjo espacial, temporal ou ambos e as interações existentes entre eles (BALBINO et al., 2011; ENGEL, 1999; YOUNG, 1989).

O sistema integrado agropecuário é uma estratégia de produção sustentável que integra atividades agrícolas, pecuárias e florestais na mesma área, utilizando boas práticas agrícolas realizadas por meio de rotação, consórcio ou sucessão de culturas. Essa modalidade diversifica os ganhos econômicos da propriedade rural, por meio da produção de alimentos, fibras, energias, produtos madeireiros, vegetais e animais, aumentando a produtividade e competitividade do produtor rural (MACHADO, 2011).

Esse sistema tem como princípio de sua adoção a necessidade da recuperação de áreas degradadas, proporcionando aumento de produção e diminuindo a necessidade da abertura de novas áreas de vegetação nativa, conservando seus recursos naturais e aumentando a renda do produtor rural.

Recentemente, o sistema integrado agropecuário foi reconhecido pela FAO como alternativa de intensificação agrícola sustentável, pois traz eficiência no uso dos recursos naturais. Esse sistema de produção agrícola, diferente das monoculturas, promove ciclagem de nutrientes no solo, o que melhora a estrutura física, química e biológica deste, diminuindo os custos de produção e gerando serviços ecossistêmicos (BALBINO et al., 2011; CARVALHO et al., 2014; MACHADO, 2011).

Pesquisadores indicam o sistema integrado agropecuário como sendo vantajoso ao ajudar na utilização e eficiência do uso da água e nitrogênio, aumentando a produtividade do campo e ao diminuir a incidência de pragas (MACHADO, 2011).

Foto 1: Modelos da iLPF

Fonte: <https://www.embrapa.br/tema-integracao-lavoura-pecuaria-floresta-ilpf>

Balbino et al. (2011) reportam que o sistema integrado agropecuário contempla quatro modalidades, sendo elas:

Figura 1: Modalidades da integração Lavoura-Pecuária Floresta

Agropastoril: integração de componente agrícola e pecuário em rotação, consórcio ou sucessão, no mesmo ano agrícola ou em vários anos, em sequência ou intercalado.

Fonte: <https://www.embrapa.br/web/rede-ilpf/home>

Silvipastoril: integração de componentes de pastagem, animal e florestal em consórcio na mesma área, sendo mais direcionado para locais que tenham dificuldade de implantação de lavoura; por isso incluem apenas os componentes florestal e pecuário;

Fonte: <https://www.embrapa.br/web/rede-ilpf/home>

Silviagrícola: integração de componente florestal e agrícola pela consorciação de espécies arbóreas com cultivos agrícolas anuais e perenes.

Fonte: <https://www.embrapa.br/web/rede-ilpf/home>

Agrossilvipastoril: integra componentes agrícolas, pecuários e florestais em rotação, sucessão ou consórcio na mesma área.

Fonte: <https://www.embrapa.br/web/rede-ilpf/home>

Com a implantação dessas quatro modalidades, segundo Balbino et al. (2012) há quatro situações distintas entre elas, sendo:

- Agricultura introduzida nas áreas de pastagens;
- Pastagem introduzida em áreas de lavouras de grãos;
- Componente florestal introduzido nas áreas de pastagem ou de lavouras;
- Componente florestal introduzido nas áreas de pastagem ou de lavouras, seguido do uso da área para pastagem.

Dentro da possibilidade de uso do sistema iLPF, existem diversos estudos das composições para seu uso. Estudos e aplicações de composições que levam em consideração o espaçamento das linhas das árvores para o plantio de culturas e tratos anuais. Há uma extrema necessidade de desenvolvimento de pesquisas voltadas para o uso de lavouras como um componente da iLPF (BALBINO et al., 2012). Um exemplo clássico seria o uso da cana-de-açúcar como um componente da lavoura da iLPF.

Para garantir a sustentabilidade da agricultura são necessárias boas práticas agrícolas, por meio de manejo adequado para produzir alimento, garantir a qualidade e preservação dos recursos naturais (BALBINO et al., 2011).

2.2.1 Sistema de plantio direto, rotação, sucessão e consórcio de culturas.

O sistema de plantio direto no Brasil foi introduzido com o intuito da busca pela eficiência no controle da erosão hídrica. No início da implantação, apesar de o rendimento do trigo e soja ser semelhante ou superior ao sistema convencional de plantio, os custos do

sistema de plantio direto eram maiores que o convencional (ALVARENGA et al., 2001; DENARDIN et al., 2011).

O sistema de plantio direto, além do controle da erosão hídrica, traz grandes benefícios na conservação do solo. Assim, essa tecnologia passou a ser adotada com o tempo como uma ferramenta da agricultura conservacionista. Sua conceituação está baseada em um conjunto de tecnologias que envolvem a diversificação de espécies em rotação e /ou consórcio de culturas, onde o solo é manuseado na linha da semeadura e é feita a manutenção dos resíduos vegetais da cultura anterior (DENARDIN et al., 2011).

A consolidação do sistema plantio direto está, essencialmente, alicerçada na rotação ou consorciação de culturas, trazendo benefícios fitossanitários às espécies cultivadas. O uso dos restos de cultura expostos no solo ajuda na cobertura dos mesmos, trazendo melhoras físicas, químicas e biológicas.

Segundo Denardin et. al. (2011), o manejo para manutenção desse sistema consiste em ações integradas entre a sistematização da lavoura, manejo da fertilidade integral do solo, correção da acidez, descompactação, planejamento do sistema de rotação e/ou consorciação de culturas, manejo de restos culturais e de culturas de cobertura de solo e práticas mecânicas para manejo de enxurrada.

Figura 2: Sistema de plantio direto

Fonte: seagro.to.gov.br

A rotação de cultura faz parte do alicerce do sistema de plantio direto junto à cobertura permanente do solo e o mínimo de revolvimento. Franchini et al. (2001) definem rotação de culturas como sendo a alternância ordenada de diferentes culturas, em determinado espaço de tempo (ciclo), na mesma área e na mesma estação do ano. Esse sistema traz benefícios, como o aumento de massa orgânica, diminuição de pragas e doenças, capacidade de aproveitamento de nutrientes diferenciados, diminuição do tempo de área com o solo descoberto, descompactação do solo pelo sistema radicular das plantas utilizadas (FRANCHINI et al., 2001; STONE; SILVEIRA, 2001).

A sucessão de culturas é definida como o ordenamento de duas culturas na mesma área agrícola por tempo indeterminado; cada uma é cultivada em uma estação do ano (FRANCHINI et al., 2001).

Figura 3: Rotação e sucessão de culturas

Fonte: <https://bragronegocio.wordpress.com/tag/rotacao-de-culturas/>

Santos et al. (2007) definem consórcio de cultura como cultivo simultâneo de duas ou mais espécies na mesma safra agrícola. Os objetivos desse tipo de cultura variam entre aumentar a renda do produtor, melhorar a qualidade do solo e criar maior disponibilidade de alimentos para uso animal. Temos como vantagem desse sistema o uso mais eficiente dos recursos naturais, reduzindo o valor da manutenção do ambiente. (KLUTHCOUSKI et al., 2000; SANTOS et al., 2007).

Figura 4: Consórcio de culturas

Fonte: Gessi Ceccon. Disponível em: <http://www.agencia.cnptia.embrapa.br>

2.2.2 O crescimento da iLPF no Brasil

O levantamento realizado pela Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária (Embrapa) e a Rede de fomento à iLPF em 2016, intitulado “iLPF em Números”, demonstram

que o crescimento da tecnologia em 10 anos, aumentou em aproximadamente 10 milhões de hectares, sendo que em 2005 havia no Brasil 1,8 milhões de hectares e no ano de 2015/2016 11.468.124 ha com sistemas integrados de produção agropecuária.

O mapa abaixo apresenta os Estados brasileiros com diferentes porcentagens de uso dos sistemas iLPF.

Figura 5: Uso da iLPF em diferentes Estados

Fonte: <https://ainfo.cnptia.embrapa.br/digital/bitstream/item/158636/1/2016-cpamt-ilpf-em-numeros.pdf>

Os órgãos de fomento da iLPF acreditam que no ano de 2019 a iLPF chegou ao montante de 15 milhões de hectares, distribuídos pelos estados brasileiros (EMBRAPA, 2019).

Como mostra o estudo acima, os Estados que mais aderem a esse movimento são Mato Grosso do Sul, Mato Grosso, Rio Grande do Sul, Minas Gerais, Goiás e Distrito Federal. Entre os 11,5 milhões de hectares o uso das quatro modalidades da iLPF está dividida na seguinte distribuição:

- iLP 83%
- iLPF com 9%
- iPF com 7%
- iLF com 1%.

A Rede de Fomento à iLPF fez um levantamento dos principais motivos pelo qual os produtores rurais aderem ao sistema e percebeu-se que entre os pecuaristas e os agricultores esses motivos apesar de terem a mesma função ambiental, social e econômica são priorizados de formas diferentes.

Figura 6: Quadro sobre os diferentes motivos da adoção da iLPF entre pecuaristas e agricultores

ADOÇÃO DA ILPF

Os principais motivos para os produtores adotarem a ILPF são:

	Pecuaristas	Agricultores
1º	Redução do impacto ambiental	Aumento da rentabilidade por ha
2º	Recuperação de pastagens	Diminuição do risco financeiro
3º	Rotação de culturas por necessidade técnica	Rotação de culturas por necessidade técnica
4º	Aumento da rentabilidade por ha	Recuperação de pastagens
5º	Diminuição do risco financeiro	Redução do impacto ambiental

Fonte: Rede de fomento à iLPF

Segundo a Embrapa (2016), a tecnologia provavelmente chegara a 19 milhões de hectares até o ano de 2020. Paulo Herrmann presidente da Rede de Fomento à iLPF em entrevista a Sociedade Nacional de Agricultura (2016), enfatiza que apesar de ser um sistema complexo é um sistema muito rentável, assim créditos para esse modelo de sistema agropecuário é muito seguro, pois a unidade rural produz o ano todo diferentes nichos de produtos (SNA 2016).

A iLPF tem o potencial de transformar o Brasil no maior produtor de alimentos e produtos agropecuários do mundo, pois o país possui grande quantidade de terra apta para produção agrícola. Incentivar essa tecnologia é produzir mais, com melhor uso da terra, poupando a abertura de novas áreas, contribuindo com o aumento de renda do produtor e produzindo sustentabilidade ambiental.

2.2.5 Sistemas agroflorestais consorciados com cana-de-açúcar

Estudos realizados por Pinto (2002), Pereira (2013), Elli et al. (2016), Schwerz et al. (2017) mostram a possibilidade do uso de SAFs integradas com cana-de-açúcar. O estudo de Luis Fernando Guedes Pinto foi realizado por meio de modelagem, e os outros estudos foram realizados em unidades experimentais.

Schwerz (2017), teve seu experimento realizado na cidade de Frederico Westphalen, RS, com a espécie arbórea *Aleurites Fordii* (Tungue), que tem despontado como alternativa de produção de biodiesel. O autor estudou as interações dinâmicas no cultivo da Tungue e cana-de-açúcar, avaliando as relações entre as variáveis meteorológicas e variáveis do crescimento da espécie arbórea e da lavoura, em SAFs, durante as estações do ano. Seu estudo mostra a possibilidade do uso da Tungue e cana-de-açúcar em SAFs, tendo como princípio o espaçamento dos sistemas silviagrícolas que influenciam no final da produção.

Elli (2016), em seu trabalho de mestrado estudou o crescimento de espécies arbóreas e a resposta produtiva e fisiológica da cana-de-açúcar em diversos modelo de espaçamento de SAFs. Seu experimento foi realizado na cidade de Frederico Westphalen, RS. As espécies utilizadas foram quatro espécies nativas: Angico, Bracatinga, Canafístula, Guapuruvu e uma espécie exótica Eucalypto. As espécies arbóreas selecionadas foram influenciadas tanto pelos arranjos espaciais dos sistemas agroflorestais, assim como, pelas condições meteorológicas do local.

Pereira (2013), estudou o cultivo da cana-de-açúcar em aléias, a produtividade agrosilvicultural e influências sobre o agroecossistema. Seu campo experimental foi realizado na Universidade Federal de São Carlos, unidade Araras, as espécies selecionadas foram as nativas: Cedro, Ipê-Amarelo e Guapuruvu, sendo elas aptas ao uso em sistemas agroflorestais.

Pinto (2002), selecionou treze espécies arbóreas, por meio de levantamento bibliográfico, sendo divididas em cinco espécies exóticas domesticadas e onze espécies nativas, ambas as espécies compatíveis com as condições edafoclimática da cidade de Piracicaba, SP. O autor utilizou modelos de simulação para avaliar a viabilidade do cultivo da cana-de-açúcar em sistemas agroflorestais com seringueira e eucalipto, apesar da competição entre as culturas, a disposição dos arranjos florestais, indicam a possibilidade do cultivo.

A tabela abaixo traz o levantamento das espécies arbóreas dos artigos citados acima, mostrando quais espécies foram utilizadas em unidades experimentais e modelagens. Os autores são representados pelos respectivos números: 1- Schwerz (2017); 2-Elli et al. (2016); 3- Pereira (2013) e 4- Pinto (2002);

Espécies Arbóreas	Áreas Experimentais	Modelagem	Autores	Estados
Angico	X		2	RS
Bracatinga	X		2	RS
Canafístula	X		2	RS, SP
Cedro	X		3	SP
Eucalypto	X	x	2,4	RS, SP
Guapuruvu	X		2,3	RS,SP
Ipê amarelo	X		3	SP
Seringueira		x	4	SP
Tungue	X		1	RS

Fonte: Elaborado pelo autor

Todos os trabalhos enfatizam que o manejo das árvores são fatores predominantes para o bom desenvolvimento da cultura.

2.3 A importância das espécies nativas

As espécies arbóreas nativas são pouco exploradas no Brasil. O conhecimento técnico e científico dessas espécies é essencial para a indicação de uso comercial e ambiental nos estabelecimentos rurais e áreas urbanas. O uso de SAFs, área de preservação permanente e reserva legal, vem favorecendo o crescimento dos estudos sobre essas espécies, mas há muito trabalho a ser realizado.

Espécies nativas, utilizadas em sistemas agroflorestais como a iLPF, tem como intuito o aumento da renda do produtor, mas suas funções vão além do aspecto econômico estas espécies podem ajudar na recuperação das áreas degradadas, reposição da vegetação da reserva legal, aumento da fauna, servindo de alimento e abrigo para os animais. As espécies nativas tem a vantagem de se adaptar facilmente ao clima e solo da região, mas ao mesmo tempo são pouco domesticadas. Espécies não domesticadas tem grande propensão a pragas e doenças, por isso necessita de um cuidado maior. (GUERREIRO et al., 2016; MELOTTO et al., 2012a; NICODEMO et al., 2009).

Segundo Carvalho (1994) as espécies arbóreas nativas, podem ter diversas finalidades proporcionando diferentes fontes de renda. O autor descreve seus principais usos como:

madeira para **movelaria**: construção de móveis; madeira **serrada**: usada na construção civil ou rural ex: postes mourões, caibros, tábuas, etc...; **energia**: lenha e carvão; **celulose e papel**: fabricação de papel, papelão; **medicinal**: usada para fabricação de remédios e medicina popular; **ornamental**: usada para arborização de ruas; **reflorestamento ambiental**: para a recuperação de ecossistemas degradados, manutenção do equilíbrio natural da flora e fauna do ambiente, recuperação dos solos e mata ciliar; **planta apícola**: usada na produção de apicultura; **alimentar**: frutos e folhas tanto para uso humano como animal; **Planta forrageira**: utilizada para fazer forragem de suas folhas, ramos, frutos e sementes; **artesanato**: uso da madeira, folhas e sementes para confecção de produtos artesanais; **outros produtos**: gomas, tintas, resinas, óleos, torta.

Carvalho (1994) considera que as espécies nativas podem ser classificadas como:

- Espécies promissoras: que possuem grande valor comprovado e grande quantidade de informações científicas e técnicas;
- Espécies potenciais: apesar de terem grande valor econômico, possuem pouca informação científica e técnica, tendo um manejo mais complexo;
- Espécies com Silvicultura pouco conhecida: espécies com poucas informações científicas e técnicas, com desempenho silvicultural insatisfatório por seu crescimento lento e suscetibilidade a pragas e doenças;
- Espécies madeireiras com regeneração artificial problemática: espécies com pouco potencial para silvicultura e com baixos rendimentos;
- Espécies recomendadas para reflorestamento ambiental.

Segundo Nicodemo et al. (2009), o uso de nativas em sistema agroflorestal favorece ao desenvolvimento das espécies, pois o distanciamento entre as árvores são maiores melhorando a qualidade da madeira. Outro ponto importante citado pela autora é de que SAFs biodiversos, diminuem o risco de pragas e doenças.

A Embrapa Pecuária Sudeste, possui uma unidade experimental idealizada pela pesquisadora Maria Luiza Nicodemo, com um SAF biodiverso, que possui sete espécies de nativa, com onze anos de idade: sendo elas Angico Branco (*Anadenanthera colubrina*), Canafístula (*Peltophorum dubium*), Capixingui (*Croton floribundus*), Mutambo (*Guazuma ulmifolia*), Ipê-felpudo (*Zeyheria tuberculosa*), Jequitibá-branco (*tariniana estrellensis*) e Pau-jacaré (*Piptadenia gonoacantha*). Há diversos estudos que mostram o comportamento dessas espécies durante os 11 anos.

Foto 2: SAF biodiverso com 7 espécies de nativas

Fonte: Elaborado pelo autor

2.4 Modelagem e simulações

Modelagem é uma ferramenta importantíssima para a ciência, pois possibilita, por meio de simulações, tomadas de decisões rápidas, favorecendo o planejamento de uma possível realização de experimentos e obtendo ganho de tempo e recursos. (CORRÊA et al., 2013a; PINTO, 2002). Os modelos auxiliam na junção de diferentes elementos da pesquisa e em suas interações genética, fisiológica e ambiental (BOOTE; JONES; NIGUEL, 1995).

Modelagem é uma ferramenta que pode ser usada para testar ou gerar uma nova hipótese, e tem como intuito prever o comportamento de um sistema em condições desconhecidas. Os modelos não têm o potencial de gerar dados, pois dados são gerados a partir de experimentação (BOOTE; JONES; NIGUEL, 1995; PEREIRA, 1984). É possível, por meio da modelagem, integrar conhecimentos interdisciplinares, facilitando a observação do objeto de pesquisa, predizendo o comportamento de integração agrícola ainda não realizado, permitindo um conhecimento da integração em diferentes escalas de tempo e espaço. (CORRÊA et al., 2013).

Corrêa et al. (2013b) consideram que a modelagem tem como objetivo estabelecer diagnóstico de funcionamento de um ou mais processos, identificando suas carências científicas a serem exploradas.

2.4.1 Stella Isee

O sistema de modelagem Stella Isee foi criado em 1985 por Barry Richmond, especialista em sistema de pensamento. É um software de modelagem dinâmica, baseada em ícones. O Stella Isee é uma ferramenta poderosa que possibilita aos usuários criarem diagramas de sistemas que podem ser simulados ao longo do tempo, onde o usuário poderá testar diferentes hipóteses. O Stella Isee é utilizado para pesquisar relações de causa e efeito no tempo, sendo possível utilizar um período de 80 anos de simulação. O sistema pode ser usado em diversas áreas como: ciências sociais, biologia, engenharia, física, negócios, agricultura, educação, pesquisa, governo, saúde, etc (RICHMOND, 2013).

Na agricultura o sistema vem sendo aplicado para representar as inter-relações entre variáveis de cultura, espécies arbóreas, solo, clima, recursos hídricos e outros. Chiste; Zambom (2011), tiveram como objetivo de seu trabalho o desenvolvimento de um modelo simulado composto de variáveis climáticas e econômicas para monitoramento e tomada de decisão na produção de plantas ornamentais, para a agricultura familiar. Sachiaon (2017) teve como objetivo desenvolver um modelo no Stella Isee, proporcionando uma ferramenta que permitisse a análise da sustentabilidade dos recursos hídricos.

Kajino (2011) desenvolveu um modelo de análise de populações de plantas daninhas resistentes a herbicidas. No próprio site do Stella Isee, há uma biblioteca, contendo diversos modelos de diversas áreas disponíveis para uso.

2.4.2 WaNuLCAS - Water, Nutrients and Light Capture in Agroforestry Systems

O modelo WaNuLCAS foi desenvolvido por Meine van Noordwijk, Betha Lusiana, Ni'matul Khasanah e Rachmat Mulia, para realizar interação solo-cultura-árvore, por meio da arquitetura acima e abaixo do solo. O modelo utiliza a plataforma Stella para suas simulações e está disponível gratuitamente no site do Icrat. A principal função do Wanulcas é avaliar o desempenho sustentável de sistemas agroflorestais. O modelo foi criado com quatro camadas de solo exploradas por raízes das culturas e árvores, e suas interações acontecem conforme a proporção de ambos os componente no espaço e tempo (NOORDWIJK et al., 2011).

Diversos trabalhos foram realizados com o modelo WaNuLCAS. Pinto et al. (2005) realizou a avaliação do cultivo da cana-de-açúcar em sistemas agroflorestais em Piracicaba, SP, onde identificou e selecionou terras e árvores para cultivo em SAFs, as árvores

selecionadas foram Seringueira e Eucalipto avaliando o crescimento e a produção das espécies arbóreas em consórcio com a cana-de-açúcar.

Pansak; Homwal (2011) estudaram as relações profundas entre insumos quantitativos e produção de arroz, este estudo foi realizado pelo arroz ser o principal rendimento econômico da Tailândia e seu rendimento produtivo estar diminuindo consideravelmente, assim analisaram diversos tipos de manejos em diferentes solos da província de Phitsanulok.

Verchot et al. (2007) em seu artigo “Climate change: linking adaptation and mitigation through agroforestry” demonstram que o clima é um fator importante para o desenvolvimento da agricultura tropical, principalmente para pequenos agricultores.

2.5 Pesquisa exploratória e bibliográfica

A pesquisa exploratória, também conhecida como estudo de caso, é o primeiro passo para realizar-se uma investigação geral de um problema. É o primeiro passo para uma pesquisa mais profunda e requer um consistente levantamento bibliográfico, assim como analisar documentos, observar fatos e fenômenos. (CRESWELL, 2007).

A pesquisa bibliográfica é um instrumento da pesquisa exploratória, muito utilizada na realização de estudos históricos, sendo que sua principal finalidade é fazer com que o pesquisador tenha um contato direto com livros, enciclopédias, periódicos e artigos científicos. As vantagens desse modelo de pesquisa se dão por um estudo direto em fontes científicas, sem a necessidade de se recorrer a fatos/fenômenos (FERREIRA, 2015; OLIVEIRA, 2008).

2.5 Entrevista e questionário

A entrevista é considerada um excelente instrumento de pesquisa qualitativa, pois facilita a obtenção de informações detalhadas de que o pesquisador necessita. O questionário elaborado tem como função descrever informações sobre algo a se investigar como perspectivas futuras ou situações vivenciadas (FERREIRA, 2015; OLIVEIRA, 2008).

2.5.1 Análise de conteúdo

Segundo Moraes (1999), a análise de conteúdo não deve limitar-se somente à descrição, mas ter como objetivo uma compreensão aprofundada do conteúdo das mensagens.

Para que haja uma compreensão profunda, a análise de conteúdo utiliza-se da inferência e interpretação. Inferência não é somente produzir suposições em torno das mensagens coletadas, mas embasá-las com pressupostos teóricos. Interpretação é um termo que vem da pesquisa qualitativa (apesar de estar em vários modelos de pesquisas quantitativas), tendo como pressuposto que toda leitura de um texto constitui-se em interpretação, mas o pesquisador deve trabalhar a interpretação de uma forma a explicitar e esclarecer conteúdos manifestos pelos autores, assim como os ocultos (CAMPOS; JOSÉ, 2004; MORAES, 1999).

3 HIPÓTESE DO TRABALHO

Considerando o conceito do sistema iLPF e a importância da cultura da cana-de-açúcar nos dias atuais, realizada por meio de monocultura, é possível o uso da cana-de-açúcar em um sistema de iLPF? Será possível simular um sistema silviagrícola com a cana-de-açúcar e uma espécie arbórea nativa utilizando modelo WaNuLCAS?

4 JUSTIFICATIVA

A cultura da cana-de-açúcar, nos dias atuais, é feita em grande escala, realizada por sistemas de monocultura, a qual possui muitas limitações. Este trabalho justifica-se pela importância de se estudar a cana-de-açúcar como um componente da integração lavoura-pecuária-floresta, buscando proporcionar mudança no uso da terra, melhorando a utilização dos recursos naturais, associando a produção agrícola aos interesses socioeconômicos e produzindo de uma forma eficiente e harmônica.

5 OBJETIVO GERAL

Avaliar a produção da cana-de-açúcar em um sistema integrado como a iLPF, utilizando o modelo WaNuLCAS e entrevistar profissionais que lidam com o tema sobre o benefício dessa junção.

5.1 Objetivo específico

- Identificar e selecionar espécies perenes, com potencial de serem utilizadas em sistemas agrossilvipastoris, ou possíveis combinações, com cana-de-açúcar;
- Identificar na iLPF um desenho que favoreça o cultivo de cana-de-açúcar como um dos componentes do sistema, incluindo a utilização de áreas de cultivo declivosas;
- Usar o modelo WaNuLCAS para averiguar a possibilidade do uso do sistema iLPF e cana-de-açúcar com espécies perenes, tais como a Canafistula;
- Coletar, por meio de entrevista, a visão de professores, pesquisadores e outros profissionais sobre o uso da lavoura de cana-de-açúcar como um dos componentes da iLPF.

6 MATERIAIS E MÉTODOS: Parte 1

6.1 Área de Estudo

A área selecionada é uma unidade experimental da Embrapa Pecuária Sudeste, sediada na cidade de São Carlos-SP com latitude de 22 ° 01 'sul e longitude de 47 ° 53' oeste, um sistema silvipastoril com sete espécies de nativas da região: Angico-Branco (*Anadenanthera colubrina*), Canafistula (*Peltophorum dubium*), Capixingui (*Croton floribundus*), Mutambo (*Guazuma ulmifolia*), Ipê-felpudo (*Zeyheria tuberculosa*), Jequitibá-branco (*Tariniana estrellensis*) e Pau-jacaré (*Piptadenia gonoacantha*). De acordo com a classificação de Köpen, o clima da área de estudo é subtropical Cwa-Awa, com precipitação média anual de 1440 mm e temperatura de 21,2 °C, tendo inverno seco de abril a setembro, e verão quente e úmido, de outubro a março, a umidade relativa do ar anual média é de 75,6%, com altitude de 860m. A granulometria do solo foi de areia: 699, argila: 232, silte: 69 (MARCONDELLI et al., 2018).

As árvores foram plantadas em cinco faixas contendo três linhas, nas linhas laterais das faixas foram plantadas as espécies tutoras Capixingui e Mutambo e na linha central as demais espécies. O espaçamento entre as árvores foi de 2,5m x 2,5m com faixas espaçadas de 17m, resultando em cerca de 600 árvores / ha.

Abaixo a representação do sistema feita por meio de um croqui, baseado nos estudos de Pezzopane et. al. (2015).

Figura 7: Croqui da Unidade experimental da Embrapa Pecuária Sudeste

Adaptado de Pezzopane et al. (2015).

P₁=Capixingui, P₂=Mutambo, S₁=Angico branco, S₂=Canafistula, S₃=Ipê-felpudo, S₄=Jequitibá-branco, S₅=Pau-jacaré.

Segundo Nicodemo et al. (2009), a escolha das espécies foi realizada levando-se em consideração os critérios de adaptação às condições locais: desenvolvimento rápido, capacidade de fixar nitrogênio, produção de madeira e provisão de recursos para a fauna. Individualmente as espécies não possuem todas essas características, mas o uso do conjunto de todas as espécies criam as condições adequadas.

As árvores foram plantadas em janeiro de 2008, as mudas foram compradas de um viveiro da região. O plantio das árvores foi realizado por meio de subsolamento e sulcos com 30 cm de profundidade. Foram aplicadas nas covas 100g de NPK 8-28-16, 10 g de FTE BR12 e 2g de condicionador de solo em 500 ml de água. Aos 11 meses de idade as árvores receberam 100 g de NPK 08-28-16 na coroas. (NICODEMO et al., 2016).

As espécies arbóreas principais são especialmente úteis para a produção de madeira, serraria e laminação. Para o melhor desenvolvimento dessas espécies foi necessária uma poda seletiva que contribui para o desenvolvimento do diâmetro do tronco. Visando a qualidade da madeira no ano de 2012 as espécies arbóreas foram divididas e podadas em porcentagens diferentes. No primeiro momento foram desbastadas 30% da área 1 e 50% da área 3. Em abril de 2016 foram desbastadas todas as espécies tutoras da área 2 (foto 3).

As árvores foram desbastadas com o intuito de concentrar a produção em um número limitado e selecionado de espécies arbóreas, contribuindo para o enriquecimento da qualidade da madeira, favorecendo o lucro do produtor. (SOUZA et al., 2017).

Foto 3: Desbaste realizado no SAF da unidade experimental.

Fonte: Elaborado pelo autor

Foto 4: Área utilizada para o desenvolvimento do trabalho

Fonte: Elaborado pelo autor

6.2 Coleta de dados das espécies arbóreas

Para o preenchimento das tabelas do modelo WaNuLCAS, foram levantados os dados relacionados à espécie arbórea Canafístula, para isso, foram selecionadas ao acaso 10 árvores e com o auxílio de uma vara telescópica foi possível medir a altura da Canafístula e a altura do início da copa (foto 4).

Quanto ao DAP e largura da copa foi utilizada para a medição uma fita diamétrica.

Foto 5: Fotos do levantamento de dados da área de estudo

Fonte: Elaborado pelo autor

6.3 Uso do modelo WaNuLCAS para simulação entre o consórcio da Canafístula e a cultura da cana-de-açúcar

O WaNuLCAS versão 4.0 foi desenvolvido com o intuito de simular interações árvore-solo-cultura, acima e abaixo do solo, levando em consideração as interações envolvendo água, nutrientes e luz, com base nas densidades do comprimento da raiz da árvore e da cultura. O simulador disponibiliza três sistemas agroflorestais, ao longo do espaço e tempo, como apresentado as figuras 9, 10 e 11 (NOORDWIJK, M. V. et al., 2011). Para a execução do modelo é necessário o uso da plataforma Stella Isee.

Figura 8: Interações acima e abaixo do solo pelo modelo WaNuLCAS

Adaptação de NOORDWIJK, M. V. et al., (2011)

O modelo representa um perfil de solo de quatro camadas e quatro zonas espaciais, utilizadas pelas árvores e culturas, em solos planos ou com declividade onde as interações ocorrem de diferentes formas. Os 3 sistemas agroflorestais utilizados pelo modelo são: sistemas aleycrop, parkland e mosaic, em terras com ou sem declive.

Abaixo, na figura 9, 10 e 11, podemos observar a distribuição geral das camadas de solo do WaNuLCAS, por zonas, e nos três sistemas agroflorestais: aleycrop, parkland e mosaic.

Figura 9: Sistema Aleycrop

Fonte: (NOORDWIJK, M. V. et al., 2011)

Figura 10: Sistema Parkland

Fonte: (NOORDWIJK, M. V. et al., 2011)

Figura 11: Sistema Mosaico

Fonte: NOORDWIJK, M. V. et al., 2011

Figura 12: Distribuição geral da camada de solo do WaNuLCAS

Fonte: (NOORDWIJK, M. V. et al., 2011)

A simulação acontece por meio do uso dos recursos como água, nutrientes e luz entre as árvores e a cultura, sempre de acordo com a demanda de cada componente e a proporção de cada um no solo. A proporção da captura de radiação é determinada pelo índice de área foliar de cada componente. A densidade radicular das árvores são as variáveis que determinam a proporção da captura de água e nutrientes (PINTO, 2002).

Os diversos componentes utilizados pelo WaNuLCAS são formados por dados de clima, solo, absorção de luz, balanço de água, balanço de nitrogênio, competição por água e nutrientes, matéria orgânica, crescimento da parte aérea e erosão. Há diversos cálculos necessários para a simulação do crescimento da cultura, tais como cálculo do IAF, cálculo da altura do dossel, cálculo da interceptação relativa de radiação, cálculo da taxa de crescimento, cálculo da demanda transpiratória, cálculo da razão entre demandas, disponibilidade de água dentre outros.

Para a alimentação do modelo utilizou-se um arquivo Excel (figura13), com o nome WaNuLCAS 4.0.xls, disponível no site: <https://www.worldagroforestry.org/output/WaNuLCAS/download>. Este arquivo é composto por um conjunto de planilhas que possibilita a incorporação de opções como o espaçamento entre árvores, regime de poda, espaçamento da poda, fertilização, colheita, tipo de solo,

queimada, árvore e cultura. É possível simular até três espécies arbóreas e cinco culturas ao mesmo tempo. O simulador necessita de diversos parâmetros para seu funcionamento e pode simular diversos ciclos em um período de 25 anos. (NOORDWIJK et al., 2011).

Figura 13: Arquivo Excel WaNuLCAS4.0.xls

Fonte: (NOORDWIJK, M. V. et al., 2011)

6.3.1 Dados de entrada do solo

A planilha “Pedotranfer” é composta por diversos parâmetros para a entrada de dados de solo, como porcentagem de silte, areia e argila, matéria orgânica, densidade, saturação entre outros. Utilizando-se dos trabalhos de Parmejiani (2012) e Pezzopane et al. (2015), levantou-se os dados da área de estudo para o preenchimento da planilha. A planilha oferece dois métodos para gerar propriedades hidráulicas do solo conforme a necessidade do modelo WaNuLCAS. O primeiro método é para solos de zona temperada baseados nos estudos de Wösten et al. (1999) e o segundo método, para solos tropicais, baseado no trabalho de Tomasella; Hodnett; Rossato, (2000). Para o calibração do modelo utilizou-se o segundo método para solos tropicais.

Figura 14: Planilha de “pedotransferência” do modelo WaNuLCAS

Choose method for pedotransfer function 2 2 = Tropical Soils_Tomasella-Hodnett

1. Especifique a camada de solo que você deseja gerar na célula N9.
2. Método escolhido para a função de pedotransferência (1 = Woesten, 2 = Tomasella-Hodnett) na célula B25.
3. Preencha os dados das propriedades do solo na célula B30 a B40.
4. Na célula B34, se você tiver seus próprios dados de densidade aparente, preencha a célula B43, se você não tiver sua própria densidade de dados de cópia estimada da célula C35.
5. Na célula B43, se você tiver sua própria estimativa de Ksat que difere com a estimativa de pedotransferência, preencha as células B42 e B43 com o valor apropriado, se você não tiver sua própria estimativa de Ksat, especifique a célula B42 e copie Ksat estimado por função de pedotransferência na célula B57 ou C57 para a célula B43.
6. Clique no botão 'OUTPUT' e clique no botão 'COPY', os dados gerados serão salvos automaticamente na planilha 'Soil Hydraulic'.
7. Repita o passo 1 - 5 para outras camadas do solo.

A capacidade de campo pode ser definida com base na altura acima de um lençol freático (e, portanto, lido a partir do relacionamento Theta-p, ou com base em uma condutividade hidráulica não saturada limitante. Você é solicitado na célula B36 a especificar o valor que deseja usar para esta segunda maneira de calcular onde drenagem efetivamente pára, por exemplo, 0,01 cm dia. Dentro de WaNuLCAS, a primeira maneira de calcular a capacidade de campo será aplicada, e o maior valor para theta dessas duas abordagens será aplicado na prática.

RESULTS

Theta sat (Total saturated porosity)	0.523	m3 water m-3 soil
Ksat (saturated conductivity)	61.197	cm d-1
Alpha	4.495	cm-1
Lambda	0.109	
n	1.477	
Field capacity based on critical K value	0.509	m3 water m-3 soil
Theta resid (residual water content)	0.294	m3 water m-3 soil
Theta pF 4.2	0.2954	

1 = Temperate Soil_Woesten 2 = Tropical Soils_Tomasella-Hodnett

Theta sat (Total saturated porosity)	0.523	m3 water m-3 soil
Ksat (saturated conductivity)	61.197	cm d-1
Alpha	4.495	cm-1
Lambda	0.109	
n	1.477	
Theta resid (residual water content)	0.294	m3 water m-3 soil

Fonte: Elaborado pelo autor.

6.3.2 Dados meteorológicos

Os dados climáticos inseridos na planilha “Weather” como precipitação diária, temperatura e evapotranspiração foram registrados pela estação meteorológica da área de estudo e extraídos do banco de dados da Embrapa Pecuária Sudeste onde estavam armazenados; o ano utilizado para a inserção do modelo foi o ano de 2008 e replicado pelo sistema para os 11 anos seguintes.

6.3.3 Opções de espaçamento da espécie arbórea

Dentre as sete espécies arbóreas da área de estudo a espécie selecionada foi a Canafístula, a mesma apresenta rápido crescimento e faz parte da família das leguminosas que contribui com a nitrogação do solo. Por ser caducifólica, a queda de suas folhas favorece o desenvolvimento da lavoura da cana-de-açúcar em seu sub-bosque, pois permite a maior entrada de radiação solar no inverno. Apesar de o modelo WaNuLCAS conter uma livraria com a mesma espécie arbórea, optou-se por levantar dados da Canafístula adaptada ao clima e solo brasileiro.

As árvores foram plantadas em janeiro de 2008 e não houve colheita da madeira até os 11 anos. Pensando na melhor condição para desenvolvimento da cana-de-açúcar e sua alta necessidade de radiação solar, utilizou-se o espaçamento da unidade de estudo, onde foram retiradas as linhas laterais das espécies tutoras Capixingui e Mutambo. Assim o espaço entre renques era de 22 m com a retirada das árvores.

Para a simulação utilizou-se o sistema agroflorestal aleycrop (figura 9) do WaNuLCAS, o modelo simula a metade do renque e multiplica a outra parte. Foi inserida a distância de 11 m com a seguinte distribuição para cada zona: 0,5 m para zona 1 e 3,5 m para as zonas 2, 3 e 4. A Canafístula foi inserida na zona 1 e a lavoura da cana-de-açúcar nas zonas 2, 3 e 4.

Figura 15: Esquema da distribuição da espécie arbórea no modelo WaNuLCAS

Adaptado de Van e Noodwijk, Luisiana (2000) e Pinto (2002)

Na zona 1 não há interação entre árvore e cultura, nas zonas 2 e 3 há uma maior interação entre as espécies, e menor interação na zona 4.

6.3.4 Calendário de plantio da Canafístula

Na planilha “Tree Management” são inseridos os dados referentes ao calendário de plantio das árvores. Pode-se adicionar até três espécies de árvores no modelo, porém como o estudo visou à espécie Canafístula somente a primeira coluna Sp1 foi preenchida. Para o WaNuLCAS o ano começa com 0, enquanto o dia vai de 1 a 365.

6.3.5 Calendário de plantio da lavoura da cana-de-açúcar

O plantio da cultura foi o mesmo utilizado por Pinto (2002), realizado em 1 de março de 2008 e com corte em 19 de julho do outro ano, os anos seguintes foram simulados com plantios em 23 de julho e corte após um ano. Para os 11 anos foram realizados 2 ciclos de 4 anos e um intervalo de 1 ano para pousio, o primeiro ano dos ciclos são de cana planta e os outros três anos são compostos por cana soca.

Figura 16: Planilha “Crop Management”

Fonte: Elaborado pelo autor.

A figura 17 representa o cronograma da colheita, logo podemos observar que colheu-se a lavoura próximo a 20 de julho de cada ano.

Figura 17: Cronograma da colheita

Cronograma de colheita da colheita de biomassa

Você quer cortar a biomassa da cultura? (0 = não, 1 = sim) ☒

No	Year of harvesting	Day of harvesting	Frac. of canopy harvested
0	1	201	1
1	2	201	1
2	3	201	1
3	4	201	1
4	5	201	1
5	6	201	1
6	7	201	1
7	8	201	1
8	9	201	1
9	10	201	1
10	11	201	1
11	100	201	1
12	100	201	1
13	100	201	1
14	100	201	1
15	100	201	1
16	100	201	1
17	100	201	1
18	100	201	1
19	100	201	1
20	100	201	1
21	100	146	1
22	100	146	1
23	100	146	1

CropLibrary TreeLibrary Pedro SOM PROFITABILITY

Fonte: Elaborado pelo autor.

6.3.6 Preenchimento das planilhas sobre os dados fenológicos da espécie arbórea

O modelo necessita de um volume significativo de informação relativo às árvores para rodar. O site www.icraf.com.br fornece um conjunto de arquivos de extensão .xls e .stm que auxiliam no preenchimento dos dados da planilha “TreeLibrary” do WaNuLCAS. Diante desse facilitador, utilizou-se o arquivo auxiliar TreeParameterization.xls para a tabulação dessa informação e inserção dos dados.

Figura 18: Planilha “TreeLibrary”

Parameters	Units	Years2	Years3	Years4	Years5
Length of vegetative cycle	days	2555	2200	2200	2200
Length of generative cycle	days	2700	1500	1500	1500
Earliest day to flower in a year	Julian day	244	2000	2000	2000
Latest day to flower in a year	Julian day	40	2560	2560	2560
Initial stage	[]	0	0	0	0
Stage after pruning	[]	0,2	0,3	0,3	0,3
Max. growth rate	kg m ⁻²	0,02	0,014	0,014	0,014
Fraction of growth reserve	[]	0,025	0,025	0,025	0,025
Leaf weight ratio	[]	0,235	0,494	0,494	0,494
Specific leaf area	m ² /kg	11,66	7,87	7,87	7,87
Water requirement for dry matter production	kg H ₂ O	300	300	300	300
Tree growth follows Rubber tree rules?	[]	0	0	0	0
Fruit growth follows Oil Palm rules?	[]	0	0	0	0
Fraction biomass allocated to fruit	[]	0	0	0	0
Max. canopy height above bare stem	m	5,035	8,2	8,2	8,2
Ratio between canopy width and height	[]	0,582104	0,567683	0,567683	0,567683
Max. canopy radius	m	3,1	4,655	4,655	4,655
Maximum leaf area index	[]	2,67	4	4	4
Ratio leaf area index min. and max.	[]	1	1	1	1
Relative light intensity at which shading starts to affect tree growth	[]	0,5	0,5	0,5	0,5
Extinction light coefficient	[]	0,857321	0,7	0,7	0,7
Rainfall water stored at leaf surface	mm	1	1	1	1

Fonte: Elaborado pelo autor.

6.3.7 Tree Parameterization

A planilha Survey contém 39 perguntas que se dividem em 10 categorias: estágio de crescimento, crescimento, dossel, captura de luz, interceptação de chuva, água, fixação de N, concentração de N e P, queda de serapilheira e serapilheira.

Para o preenchimento dos parâmetros relativos às perguntas, utilizaram-se os dados reais levantados na unidade de estudos e dados retirados de bibliografias. A planilha processa esses dados e devolve os valores necessários para a planilha “Tree Library” (NOORDWIJK et al., 2011).

Figura 19: Planilha Survey do TreeParameterisation

Users may answer all questions or only some of those related with certain category			2. See The Output
When you fill the value in column D, WaNULCAS parameter automatically estimated			3. FBA Model
Growth Stage	Answer	Possible range	
At what age in years will tree start to flower?	7		
How many days between flowering and fruit ripening?	270		
What is the first month of year that it can flower?	9		
What is the last month of year for flowering?	3		
What is the 'physiological age' at planting time (years)	0		
What is the minimum time between pruning and flowering (years)	0.2		
Growth			
How do you rank growth rate under local circumstances?	1		1= slow, 2= medium, 3= fast, 4= very fast
Does the tree store a lot of reserves in trunks & roots?	2		1= a lot, 2= average, 3= little
Are leaves large & heavy relative to the twigs?	1		1= small & few, 2= normal, 3=heavy
Are leaves thick (or heavy per unit surface area)	3		1= thick, 2=normal, 3= thin

Fonte: (NOORDWIJK et al., 2011)

6.4 Stella Isee: plataforma de simulação do modelo WaNuLCAS

O Software é baseado em um modelo dinâmico de pensamento sistêmico, permite aos usuários executar modelos usando quatro blocos de construção fundamentais que são: estoque, fluxo, conversor e conector.

Figura 20: Principais blocos de construção do Stella Isee:

Stock: Os estoques são acumulados dentro do sistema, coletam o que flui como água, chuva, peso etc.

Flow: Os Fluxos têm como função preencher e drenar as acumulações dos estoques. A ponta da seta indica a direção do fluxo positivo. Há dois tipos de fluxos: o uniflow que flui em apenas uma direção e o biflow fluxo com função bidirecional.

Converter: O conversor contém valores para constantes; define entradas externas para o modelo, calcula relações algébricas e serve como repositório para funções gráficas. Em geral, converte entradas em saídas.

Connector: O trabalho de um conector é de estabelecer ligação entre as variáveis do modelo.

É possível criar seu próprio modelo no Stella ou utilizar modelos desenvolvidos por outros usuários. O arquivo do modelo WaNuLCAS em formato Stella foi baixado no site do ICRAF, porém foi necessário solicitar a equipe do Stella Isee a conversão do arquivo de extensão .stm(antigo) para .stmx (versão atual), devido a incompatibilidade de versões.

Figura 22: Execução do modelo WaNuLCAS4.0.xls

Figura 23: Importação da planilha WaNuLCAS4.0.xls

Fonte: Elaborado pelo autor

Figura 24: Inserindo o tempo de simulação no sistema Isee

Fonte: Elaborado pelo autor

O acesso ao uso do modelo está demonstrado na figura 24, o modelo possui 25 interfaces que podem ser acessadas por meio da barra de rolagem da ferramenta, cada interface trás diferentes parâmetros para o refinamento das simulações. Em sua barra de ferramentas também é possível acessar os demais componentes como gráficos, tabelas, explorador de resultados, modo de leitura entre outras funcionalidades. Na figura 25 pode-se observar algumas das interfaces do modelo.

Figura 25: Interfaces do modelo WaNuLCAS Stella Isee

Fonte: Elaborado pelo autor.

Para o desenvolvimento deste trabalho os parâmetros alterados estão na interface sete, é uma tela multiplayer onde seleciona-se opções como: dia do ano em que a simulação se inicia, restrição de água e nutrientes, balanço de carbono e fósforo, parâmetros que governam as árvores, lavouras ou ambos os componentes. Para a simulação o ano iniciou-se no dia zero e optou-se por não haver restrição de água e nutrientes, para tanto, os parâmetros de restrição de água e nutrientes foram posicionados no indicador zero.

Inserção da declividade do solo

Utilizou-se o valor de 15% de declividade para a simulação da cana-de-açúcar, os valores foram inseridos na interface 2 do modelo. Segundo o manual o modelo não possui boa sensibilidade para essa função. É possível representar a informação de saída com gráficos e tabelas, neste ponto implementou-se diversos gráficos por dos dados da altura da árvore, altura da copa, largura da copa, biomassa da lavoura.

Figura 26: Gráfico do modelo WaNuLCAS Stella Isee

Fonte: Elaborado pelo autor.

6.5 MATERIAIS E MÉTODOS: parte 2

6.5.1 Pesquisa de opinião

A presente pesquisa utilizou a abordagem interpretativa de conteúdo, para analisar a visão de pesquisadores e professores sobre a possível utilização da lavoura de cana-de-açúcar como um componente da iLPF.

Foram coletados dados da possibilidade do uso da cana-de-açúcar ser um componente, da lavoura da iLPF e se essa tecnologia traria benefícios para:

- Mudança do uso da terra;
- Degradação do solo;
- Biodiversidade e recuperação ambiental;
- Políticas públicas;
- Geração de renda;
- Componente social.

O questionário teve o formato estruturado aberto e baseia-se em um guia de assuntos e perguntas já elaborados, onde o entrevistado responderá somente o que lhe achar oportuno. Para facilitar a compreensão das questões os dados coletados foram analisados e interpretados possibilitando o uso de gráficos e tabelas facilitando a visualização das respostas.

A análise e descrição a seguir são sobre a visão dos entrevistados, as respostas foram analisadas sem a identificação dos participantes. Todas as análises foram embasadas em estudos pertinentes ao tema.

6.5.2 População e amostra

Segundo Oliveira (2008) a amostra é uma representação da população ou universo da pesquisa. Neste presente trabalho, a população foi formada por 43 professores/pesquisadores e profissionais ligados ao tema da iLPF e cana-de-açúcar. O questionário foi realizado por meio de correio eletrônico. Utilizou-se uma amostragem não probabilística. Segundo Sampiere et al. (2007), a amostra não probabilística utiliza-se de um procedimento de seleção informal para estudos qualitativos, é de grande valia, pois não há interesse em generalizar os dados coletados e sim aprofundar-se em seus conteúdos (GALHARTE, 2007).

6.5.3 Categorização dos dados

Para um trabalho preciso e coerente, os dados foram categorizados, criando as unidades de análises. Oliveira, (2008) conceitua a categorização dos dados como agrupamento de informações similares em função de características comuns, classificando princípios gerais que tenham a mesma identidade. Categorizar é classificar um grupo de elementos, após a coleta de dados, ou durante a pesquisa bibliográfica (Gil, 2007; OLIVEIRA, 2008).

Para este trabalho, utilizaram-se duas categorias: as teóricas e as empíricas (OLIVEIRA, 2008):

- Categorias teóricas: foram a base para a formulação das questões e realizadas por meio das pesquisas exploratória, bibliográfica e documental.
- Categoria empírica: advém dos dados coletados dos questionários; cada resposta dos entrevistados foi classificada e se tornou uma unidade de análise.

As categorias teóricas da tabela 1, levantadas por meio das pesquisas exploratória, documental e bibliográfica, embasaram o questionário da pesquisa de opinião (anexo 2):

Tabela 1: Categorização dos dados

iLPF + Cana-de-açúcar	
Mudança no uso da terra	<div style="border: 1px solid black; padding: 10px; text-align: center;"> Dados Teóricos/ Categorias </div>
Degradação ambiental	
Diversidade e recuperação de áreas degradadas	
Geração de renda	
Componente social	
Políticas públicas	

Fonte: Elaborado pelo autor

Cada questão transformou-se em uma nova categoria e as respostas obtidas dos entrevistados foram classificadas e formaram-se as unidades de análise.

Tabela 2: Categorização dos dados coletados do questionário

MUDANÇA DO USO DA TERRA	Categoria	
Prod. da cana-de-açúcar	Diminui	Unidades de análise.
Produção por área	Aumenta	
Estoque de carbono	Aumenta	
Economia de insumos	Diminui	
Cana necessita de grande quantidade de radiação solar		
Árvores potencializam o estoque de carbono		
Cana-de-açúcar trás grande risco de fogo para sistemas integrados		

Fonte: Elaborado pelo autor

6.5.4 Análise de conteúdo

A metodologia da análise de conteúdo constitui-se em descrever e interpretar conteúdos de toda classe de documentos e textos, tanto de pesquisas qualitativas como de pesquisas quantitativas. Desta forma realizou-se a análise de conteúdo da coleta dos questionários da pesquisa de opinião, por meio de descrições sistemáticas, reinterpretando as mensagens e atingindo melhores níveis de compreensão dos significados (MORAES, 1999; SÁ-SILVA; ALMEIDA; GUINDANI, 2009).

7 RESULTADO E DISCUSSÃO: parte 1

7.1 Resultados relacionados sobre a simulação do modelo WaNuLCAS

A seguir serão apresentados alguns resultados obtidos a partir da utilização do modelo WaNuLCAS, aplicados ao consórcio da lavoura de cana-de-açúcar com a espécie arbórea Canafístula. Pretende-se com isto, evidenciar a capacidade de simulação do referido modelo, sem necessariamente verificar ou validar os resultados do ponto de vista florestal ou agrônomo.

Dados reais obtidos da área de estudo

A Tabela 3 apresenta os resultados da avaliação de maio de 2019, do desenvolvimento da espécie arbórea Canafístula, com 11 anos de idade e inseridas em um SAF biodiverso.

Tabela 3: Dados coletados na unidade experimental sobre a espécie Canafístula

Canafístula	Dados reais
Altura (H)	9,01
Altura do início da copa	4,02
Diâmetro da altura do Peito	11,68
Largura da copa (raio)	3,01
Altura da copa	4,99

Fonte: Elaborado pelo autor

Dados do solo

Os dados do solo foram retirados de artigos sobre a área de estudos.

Tabela 4: Dados de solo da unidade experimental

Propriedade do solo				
Argila	Silt	Areia	Matéria Orgânica	Densidade
%				(g bcm)
69,9	6,9	23,2	1,21	1,21

Fonte: Elaborado pelo autor

O modelo WaNuLCAS possui várias informações de saída, como balanço hídrico e balanço de nutrientes, que podem ser representadas por meio de tabelas e gráficos. Para melhor compreensão é possível observar o balanço hídrico e de nutrientes fornecido pelo modelo.

Balanço hídrico

Tabela 5: Balanço hídrico simulado no modelo WaNuLCAS

BALANÇO HIDRICO			
	Total acumulado (11 anos)	Total anual	Unidade
Precipitação	11.969,60	1.088	1 m ⁻²
Água no perfil do solo	809,1	73,55	1 m ⁻²
Quantidade total de drenagem de água (média em todas as zonas e camadas)	1.703,1	154,82	1 m ⁻²
Quantidade total de água evaporada da superfície do solo (média em todas as zonas e camadas)	432,5	39,31	1 m ⁻²
Quantidade de água evaporada da água interceptada	2.641,4	240,12	1 m ⁻²

Fonte: Elaborado pelo autor

Os parâmetros inseridos foram dados de precipitação de janeiro a dezembro do ano de 2008 da área de estudo. A precipitação média anual da cidade de São Carlos, gira entre 1400 e 1500 mm, porém o ano de 2008 foi um ano atípico, com uma média inferior. Segundo Nicodemo et al., (2012) o ano de 2008 teve chuvas irregulares com ocorrência de veranicos, obtendo-se assim, uma precipitação pluviométrica de 1081 mm, sendo 20% abaixo da média histórica.

O modelo simulado apresentou boa precisão quanto à precipitação do balanço hídrico, obtendo-se 1088 mm para o ano representado, apresentou uma diferença de 0,65%, comparado com os dados reais.

Balanço de nutriente (Fósforo e Nitrogênio)

Outros balanços importantes incluídos no modelo são os balanços de nitrogênio e fósforo, que compõem o balanço de nutrientes.

Balanço de nitrogênio

Foi simulado o balanço de nitrogênio com os parâmetros padrões de nutrientes existentes no modelo, a simulação foi realizada sem restrição de água e nutrientes. Os resultados obtidos estão na tabela 6:

Tabela 6: Balanço de Nitrogênio

BALANÇO DE NITROGÊNIO INICIAL		Unidade
Quantidade inicial de nutriente (média em todas as zonas e camadas)	6	g m ⁻²
Quantidade atual de nutrientes na camada de serapilheira	0,12	g m ⁻²
Quantidade inicial de nutriente no pool de matéria orgânica do solo	2.469,15	g m ⁻²
Quantidade inicial de nutrientes	200	g m ⁻²
Quantidade total inicial do nitrogênio	2.675,27	g m ⁻²

Fonte: Elaborado pelo autor

Crescimento e desenvolvimento da espécie arbórea

Neste tópico serão apresentadas as informações de saídas do modelo WaNuLCAS sobre o desenvolvimento da espécie arbórea em consórcio com a cana-de-açúcar.

Na tabela 7, comparou-se os valores reais coletados em campo com os valores obtidos pela simulação do modelo do crescimento da espécie arbórea Canafístula.

Tabela 7: Comparação entre dados da unidade experimental e modelo WaNuLCAS

Canafístula	Dados reais	Simulação (WaNuLCAS)
Altura (H)	9,019	8,79
Altura do início da copa	4,02	
Diâmetro da altura do Peito	11,68	31,3
Largura da copa (raio)	3,01	3,01
Altura da copa	4,99	5,33

Fonte: Elaborado pelo autor

Gráficos

O gráfico 34 demonstra a simulação do crescimento da canafístula no período de 11 anos consorciada com cana-de-açúcar.

Figura 27: Gráfico do crescimento da Canafístula

Fonte: Elaborado pelo autor

Obteve-se o valor máximo de 8,79 m, para o crescimento da Canafístula em um período de 11 anos no simulador, quando comparado com o valor encontrado na unidade experimental de 9,01 m, no mesmo período. É possível observar uma proximidade substancial

nos resultados, evidenciando uma possível correlação entre os dados reais e os do modelo simulado.

Diâmetro do tronco

Sistemas agroflorestais com espécies nativas não apresentam homogeneidade, há uma grande amplitude nos valores coletados entre as mesmas espécies, podendo causar grandes diferenças nos resultados.

Figura 28: Gráfico do crescimento do diâmetro do tronco

Fonte: Elaborado pelo autor

Para o diâmetro do tronco obteve-se o valor de 31,3 cm, a média coletada na unidade experimental foi de 11,68 cm, onde retrata uma diferença acentuada nos resultados. O diâmetro máximo do tronco encontrado na unidade experimental foi de 23,98 cm, alcançando assim um resultado mais próximo ao apresentado pelo modelo.

Carvalho (2000), encontrou o valor de 9,3 cm de DAP para a Canafístula na cidade de Campo Mourão com 11 anos de idade, em um espaçamento de 3x1; em Quedas do Iguaçu em um espaçamento de 4x3 o valor foi de 18 cm para 8 anos de idade.

Largura e altura da copa da árvore

Figura 29: Gráfico da largura e altura da copa da árvore

Fonte: Elaborado pelo autor

A largura da copa reproduzida pelo modelo foi de 3,01 m, que retratou o valor de entrada inserido no modelo. Quanto à altura da copa, onde o modelo aferiu 5,33 m, podemos averiguar um valor próximo ao levantado na unidade experimental de 4,99 m.

Biomassa da espécie arbórea Canafístula

Figura 30: Gráfico da biomassa da Canafístula

Fonte: Elaborado pelo autor

Conforme podemos observar no gráfico 31 o valor da biomassa da espécie arbórea em seu último ano de simulação foi de 8,59 kg/m².

Figura 31: Gráfico de correlação entre o crescimento e o desenvolvimento da Biomassa da Canafístula

Fonte: Elaborado pelo autor

Neste gráfico podemos observar a correlação entre o crescimento da árvore e a biomassa gerada pela mesma nos 11 anos.

Biomassa da lavoura da cana-de-açúcar

Figura 32: Biomassa da lavoura da cana-de-açúcar

Fonte: Elaborado pelo autor

Na tabela 8 e 9 é possível observar os valores simulados da Biomassa da cana-de-açúcar em 2 ciclos, sendo cada ciclo realizado com 4 anos.

Tabela 8: Primeiro ciclo: evolução da biomassa da cana-de-açúcar (kg/m²)

Cana-planta	Cana-soca	Cana-soca	Cana-soca
Zona 1: 6,43	Zona 1: 0	Zona 1: 0	Zona 1: 0
Zona 2: 6,02	Zona 2: 5,23	Zona 2: 4,85	Zona 2: 4,94
Zona 3: 6,16	Zona 3: 6,16	Zona 3: 5,96	Zona 3: 6,07
Zona 4: 6,16	Zona 4: 6,16	Zona 4: 5,96	Zona 4: 6,07

Fonte: Elaborado pelo autor

Tabela 9: Segundo ciclo: evolução da biomassa da cana-de-açúcar (kg/m²)

Cana-planta	Cana-soca	Cana-soca	Cana-soca
Zona 1: 0	Zona 1: 0	Zona 1: 0	Zona 1: 0
Zona 2: 4,46	Zona 2: 4,76	Zona 2: 4,93	Zona 2: 5,24
Zona 3: 6,16	Zona 3: 6,16	Zona 3: 6,01	Zona 3: 6,12
Zona 4: 6,16	Zona 4: 6,16	Zona 4: 6,01	Zona 4: 6,12

Fonte: Elaborado pelo autor

Para o primeiro ano do ciclo o valor médio de biomassa foi de 5,85 kg/m² e para o segundo ciclo 5,69 kg/m². Pinto (2002) simulou a cana-de-açúcar em um período de 20 anos, obtendo um valor médio da biomassa de 4,96 kg/m² e valor máximo de 6,06 kg/m² em argissolo vermelho. Resultados de Machado et al. (1982) sobre a avaliação do crescimento da cana-de-açúcar na região de Piracicaba, demonstrou um valor de biomassa de 5,3 kg/m² em latossolo vermelho amarelo. Neste trabalho, no primeiro ciclo da produção de biomassa da cana-de-açúcar na zona 1, temos o maior valor dos ciclos com 6,43 kg/m², para os outros anos de todos os ciclos obteve-se o valor zero, possivelmente no primeiro ano a zona 1 não sofreu competição pelo tamanho das espécies arbóreas, sendo que essas ainda estavam em desenvolvimento.

Simulação da biomassa da lavoura da cana-de-açúcar em terras com 15% de declividade

O gráfico abaixo demonstra o desenvolvimento da biomassa da lavoura da cana-de-açúcar em terras com 15% de declive do solo.

Figura 33: Desenvolvimento da biomassa da lavoura da cana-de-açúcar em terras com 15% de declividade

Fonte: Elaborado pelo autor

Para a simulação da biomassa da cana-de-açúcar em terras com 15% de declividade, aferiu-se os valores médio para o primeiro ciclo da colheita da biomassa em $5,64 \text{ kg/m}^2$ e para o segundo ciclo $5,61 \text{ kg/m}^2$, valores próximos dos valores obtidos em terras sem declividade.

7.1 RESULTADO E DISCUSSÃO: parte 2

Resultados relacionados ao Questionário

O levantamento realizado teve a proposta de avaliar o possível uso da cana-de-açúcar como componente da lavoura da iLPF, as questões foram aplicadas a 43 professores/pesquisadores e profissionais ligados ao tema da iLPF e cana-de-açúcar, com uma taxa de retorno de 51% dos questionários, sendo obtidas respostas de 3 engenheiros agrônomos ligados a empresas privadas, 14 pesquisadores, 3 professores universitários e 2

alunos pesquisadores. O questionário foi enviado aos entrevistados por meio de correio eletrônico com a data limite para sua devolução de 15 dias, após a data limite contatou-se novamente os pesquisadores, professores e empresas privadas que não responderam e pedimos a gentileza da possibilidade da devolução do questionário, dando um prazo de mais sete dias. Foram formuladas seis questões por meio de pesquisa bibliográfica e documental que levantaram conceitos e definições para embasar as perguntas (Questionário em anexo).

Mudança do uso da terra

A produtividade por área é extremamente desejada em todas as formas de plantio como em SAFs ou monocultura, para isso é preciso proporcionar eficiência e racionalidade das atividades econômicas, buscar menor uso dos recursos naturais como água, solo e a diminuição de insumos, proporcionando uma produção agrícola mais rentável.

Para a primeira questão coletamos dados sobre a possível mudança do uso da terra. A tabela 10 representa o cálculo realizado sobre a porcentagem de cada indicador levantado no questionário.

Tabela 10: Indicadores da mudança do uso da terra

Mudança do uso da Terra	Diminui (%)	Aumenta (%)
Produtividade da Cana	47	53
Produção por área	25	75
Estoque de carbono	0	100
Economia de insumos	9	91
	20	80

Fonte: Elaborado pelo autor

A maioria dos indicadores apresentou um percentual acentuado à melhora do uso da terra, destacando-se o indicador de “Estoque de carbono” com uma unanimidade quanto ao aumento da eficiência, sendo seguido por “Economia de insumos” e “Produção por área” com uma amplitude significativa em suas porcentagens.

O indicador “Produtividade da Cana” também corroborou com os demais indicadores quanto a um quadro positivo da metodologia proposta, porém com um equilíbrio nas opiniões, sendo 53% positivas e 47% negativas.

Figura 34: Gráfico dos indicadores da mudança do uso da terra

Fonte: Elaborado pelo autor

O gráfico 41 apresenta o percentual dos indicadores consolidados da tabela 11, sendo que 80% dos entrevistados demonstram uma tendência positiva da aplicabilidade do uso da cana-de-açúcar como um componente da iLPF.

Tabela 11: Considerações dos entrevistados sobre os indicadores da mudança do uso da terra

Deve-se ter clareza sobre os objetivos dessa integração, qual a prioridade do produtor.
É necessário um diagnóstico da propriedade rural.
Cana-de-açúcar apresenta grande risco do fogo.
O uso da cana-de-açúcar como componente da iLPF é viável apenas para pequenas áreas.
Percepção de mercado para os produtos da integração.
Conhecimento das práticas de manejo/problemas associados às espécies da integração.
Mão de obra qualificada para alcançar os objetivos do sistema.

Fonte: Elaborado pelo autor

Transcrição da tabela

A iLPF é composta por quatro modalidades, sendo assim, é necessária a ajuda técnica para melhor escolha do sistema adequado a ser usado. A clareza sobre o objetivo da integração é de extrema importância para produção em sistemas integrados, pois os arranjos das árvores devem ser elaborados pensando sempre no objetivo de mercado do produtor que pode ser madeireiro, pecuário ou agrícola. O mercado em torno do produtor deve ser

levantado e avaliado, a escolha das espécies florestais e animais devem levar em consideração o local, condições edafoclimáticas e zootécnicas (ELLI et al., 2016; GUERREIRO et al., 2016; PINTO, 2002; SCHWERZ, 2017). O uso da cana-de-açúcar como um componente da iLPF, pode trazer risco de incêndio na área de produção pela sua grande quantidade de palhada, assim como o milho e braquiárias (TOLEDO et al., 2017). O uso da tecnologia pode ser viável para pequenas áreas como a agricultura familiar, mas avanços tecnológicos na agricultura demonstram que a iLPF pode ser inserida de pequenas a grandes propriedades. O uso de sistemas integrados agropecuários em pequenas propriedades favorecem a maior diversificação de renda, proporcionando maior segurança alimentar e econômica ao produtor (BALBINO et al., 2012; ELLI et al., 2016; VILELA et al., 2011).

Estudos demonstram o possível uso da cana-de-açúcar em SAFs, Pinto (2005), Elli (2016), Schwerz (2017) enfatizam que o arranjo espacial das espécies arbóreas são fatores importantes para o sucesso da produção, espaçamentos adequados, assim como manejo de desbaste e poda das árvores diminuem a competição de luz, água e nutrientes contribuindo com o crescimento da cultura no sub-bosque das árvores.

Degradação do solo

A degradação do solo pode ter diferentes causas, como fortes chuvas ou pela ação do homem na agricultura intensiva. A crescente demanda de produção de alimentos para a população facilitou as mudanças radicais da cobertura vegetal do ambiente, causando grandes desmatamentos, levando a perda de nutrientes, erosão e compactação dos solos. (CURCIO; BONNET, 2016). A segunda questão é referente à degradação solo, “como seria a possível mudança nesse sistema quanto à erosão, perda de nutriente e compactação do solo”.

Tabela 12: Indicadores do impacto sobre a degradação do solo

Degradação do solo	Diminui (%)	Aumenta (%)
Perda de nutrientes	100	0
Erosão	100	0
Compactação	82	18
	94	6

Fonte: Elaborado pelo autor

Os dados acima mostram que 100% dos entrevistados nos indicadores de “Perda de nutriente” e “Erosão do solo” concordaram com a possível redução da degradação do solo

com o uso do sistema proposto. Quanto à compactação do solo 18% dos entrevistados acreditam no aumento da compactação e 82% na diminuição desse indicador.

Quanto ao aumento da compactação do solo, os principais fatores negativos levantados pelos entrevistados foram à mecanização da colheita e uma alta taxa de lotação animal no pasto; para que isso ocorra o sistema é visto como uma possível introdução da cana-de-açúcar em locais com silvicultura, ou SAFs já consolidadas. Por isso acreditam que esse componente possa aumentar a compactação o solo, desde que inserido em locais onde não há esse modelo de produção agrícola.

Figura 35: Gráfico dos indicadores da degradação do solo

Fonte: Elaborado pelo autor

O gráfico corrobora com as informações da tabela, onde 94% dos entrevistados acreditam que o uso da cana-de-açúcar na iLPF favoreceria a diminuição da degradação do solo.

Tabela 13: Considerações dos entrevistados sobre os impactos da degradação do solo

Um ponto importante que deve ser considerado é que a cana-de-açúcar é uma cultura que deixa muitos espaços vazios entre plantas, principalmente depois da colheita, este fato pode ameaçar a ideia de plantar cana-de-açúcar em áreas declivosas.
A presença de árvores é positiva no ponto de vista da redução de erosão e perda de nutrientes, principalmente em áreas declivosas.
Os problemas de erosão, perdas de nutrientes e compactação do solo estão associados a não aplicação de boas práticas agrícolas.

Fonte: Elaborado pelo autor

Transcrição da tabela

Na tabela acima podemos observar alguns pontos levantados sobre o uso da possível tecnologia, alguns entrevistados enfatizam que independente do sistema de produção, boas práticas agrícolas diminuem a degradação do solo, mesmo em sistemas de produção conservacionista ou intensivos (SERAFIGIM et al., 2011; WADT, 2003).

O uso da lavoura da cana-de-açúcar pode ocorrer com a introdução em SAFs já formadas; outra opção seria a introdução de espécies arbóreas em canaviais, como por exemplo, em cercas vivas, mosaicos, árvores dispersas, árvores de bordas ou plantios em aleias. Pinto (2002), Elli et al. (2016) e Schwerz, (2017), demonstraram em seus trabalhos que é possível utilizar espécies arbóreas em consórcio com a cana-de-açúcar realizados com plantios em aleias.

Gabiate et al. (2011) demonstram por meio de simulação de chuva que a perda de solo, entre os sulcos da cana-de-açúcar, pode ocorrer em diferentes intensidades dependendo dos diferentes sistemas de colheitas. Foram testados três tipos de colheitas para perda acumulada do solo, no tempo de um minuto para todos os sistemas de colheita com o seguinte resultado: Colheita mecanizada e queimada: 50 g m^{-2} ; colheita manual e queimada: 28 g m^{-2} ; colheita mecanizada crua: 18 g m^{-2} .

Utilizar boas práticas agrícolas em áreas declivosas favorece a diminuição da erosão do solo. Pereira e Rodrigues (2009) enfatizam como estratégia de recuperação de solos a revegetação de ambientes, proporcionando a melhora dos atributos físicos e químicos do solo, diminuindo a erosão hídrica.

A medida que o solo vai sendo submetido ao uso agrícola, as propriedades físicas sofrem alterações, as práticas de manejos aplicadas, proporcionam o desequilíbrio do sistema, causando alterações do solo e deturpando as propriedades físicas, químicas e biológica do ambiente (RICHART et al., 2005).

A compactação do solo pode ocorrer por causa da circulação de máquinas pesadas, taxa de lotação de animal ou preparo incorreto do solo. Hakansson, Medvedev (1995) e Richart et al. (2005), afirmaram em seus trabalhos que independente do sistema ser conservacionista, como o sistema de plantio direto, onde não há o revolvimento do solo para o plantio, pode acontecer a compactação do solo nas camadas superiores, dependendo do manejo aplicado.

Silveira et al. (2008), demonstram que os sistemas de manejo do solo afetaram significativamente a densidade da microporosidade, macroporosidade e a porosidade total nas

camadas preestabelecida, em diferentes tipos de manejos: plantio direto contínuo, plantio direto anual com arado, plantio direto bienal com arado e plantio direto trienal com arado. A macroporosidade e porosidade do solo tiveram menores valores no sistema de plantio direto contínuo. A densidade do solo foi maior no sistema de plantio direto, seguida do plantio direto trienal, bienal e anual com arado.

Diversidade e recuperação dos ecossistemas

Em diferentes ecossistemas perpetuam-se grandes áreas de exploração, realizadas por monocultura, que realçam sua insustentabilidade ambiental, por meio de diversos problemas como erosão e compactação dos solos; contaminação dos recursos naturais como água, solo, atmosfera (GEE) e a extinção da flora e fauna. Praticada há anos a monocultura e sua insustentabilidade ambiental é fruto de um processo histórico, assim é necessário mediante esforço do homem, buscar uma nova forma de garantir as atividades econômicas do produtor, mas ao mesmo tempo produzir de forma sustentável (AMADOR, 2003). Os sistemas agroflorestais favorecerem a recuperação e preservação dos ecossistemas, principalmente com a introdução das espécies arbóreas. Segundo Righi (2015), os SAFs estão fundamentados nas interações ecológicas, econômicas e sociais de um sistema produtivo. A terceira questão levantada foi sobre a biodiversidade e recuperação ambiental, “ênfatisa a possível mudança quanto à diversidade da vegetação e recuperação de ecossistemas degradados”.

Como mostra o gráfico abaixo, 93% dos entrevistados acreditam que o uso da tecnologia favorece o aumento da diversidade da vegetação e recuperação dos ecossistemas integrados. Enquanto que 7% dos entrevistados concordam que haveria uma diminuição dos indicadores de “biodiversidade e recuperação ambiental”. Notou-se no levantamento das respostas que para esse indicador, os entrevistados, acreditam que a introdução de cana-de-açúcar em SAFs já consolidados proporcionaria a diminuição da biodiversidade e recuperação ambiental.

Figura 36: Gráfico dos indicadores de biodiversidade e recuperação ambiental

Fonte: Elaborado pelo autor

Tabela 14: Consideração dos entrevistados em relação aos indicadores de biodiversidade e recuperação ambiental

Quando se pensa em árvores leguminosas ou espécies nativas, pode-se considerar que existe uma possibilidade maior para aumentar significativamente a biodiversidade. Há necessidade de intensificar estudos com outras árvores, além do eucalipto, para aumentar o leque de possibilidades de espécies arbóreas nestes sistemas.

Quando implantar sistemas integrados com vistas à melhoria da biodiversidade e recuperação ambiental, faz-se necessária a busca de programas de remuneração por serviços ambientais, sem retorno econômico não teremos produtores engajados em implementar o sistema.

Fonte: Elaborado pelo autor

Transcrição da tabela

A monocultura tem a função de aumentar a produção agrícola, mas desconsidera a perda da biodiversidade do ambiente em que esta inserida, acarretando a falta de interação intrínseca aos ecossistemas ao seu redor, onde diversos serviços ecossistêmicos deixam de ocorrer. SAFs tem a função de diminuir o impacto ambiental causado pelas monoculturas, mas ao mesmo tempo presa pelo bem estar econômico do produtor rural. O uso das espécies arbóreas nativas tem características próximas aos dos modelos naturais (PEREIRA, 2013).

Por si só a iLPF favorece a combinação de espécies de madeira perenes com culturas e pastagens e oportuna a diversificação dos produtos, por meio de consórcio, sucessão ou rotação de cultura (BALBINO et al., 2012).

As espécies arbóreas tem grande importância na diversificação e recuperação de áreas degradada na iLPF. As florestas plantadas diminuem a pressão sobre as florestas nativas, favorecendo a conservação e a biodiversidade garantindo serviços ecossistêmicos como: a regulação do fluxo hídrico, polinização, estoques de carbono no solo, controle de pragas; conservação do solo, dispersão de sementes, ciclagem de nutrientes e formação de corredores ecológicos. (IBÁ, 2017).

O eucalipto é a espécie florestal mais utilizada em sistemas de iLPF, suas vantagens são que a espécie arbórea possui diversos híbridos que se adaptam a climas e solos brasileiros, possuem crescimento rápido, fácil aquisição de mudas, sua madeira possui diversas finalidades de uso. Há muitos estudos sobre o manejo dos Eucaliptos, suas copas favorecem a uma boa quantidade de radiação solar em seu sub-bosque, possibilitando a produção de outras culturas (FERREIRA et. al., 2012). Há outras opções de uso de espécies arbóreas em sistema de iLPF, como as espécies nativas, que cuja presença é natural de uma região e por serem desse ambiente fortalecem as diversas interações e trocas ecológicas. Apesar das espécies nativas contribuírem consideravelmente para trocas ecológicas do ambiente, existem poucas informações silviculturais a respeito de árvores nativas, sendo assim é um grande desafio selecionar as espécies nativas para a composição de um sistema de iLPF (KAGEYAMA; CASTRO, 1989). Não há uma regra geral para a escolha das espécies nativas, assim é de extrema importância levar em consideração as peculiaridades de cada espécie e região a ser implantada. As espécies escolhidas devem fornecer benefícios ambientais, sociais e econômicos para a comunidade (MELOTTO et al., 2012b).

A iLPF é um caso bem sucedido de produção agrícola e prestação de serviços ambientais ao mesmo tempo. Os sistemas integrados geram benefícios ambientais como: o aumento da matéria orgânica no solo, maior infiltração de água e a menor emissão de gases de efeito estufa. A Embrapa lançou no mercado um produto intitulado “Carne de baixo carbono” que tem como premissa atestar que a carne bovina produzida em sistemas de integração como a iPF ou iLPF, reduzem os gases emitidos pelo gado, durante o desenvolvimento das árvores, com isso o mercado para esse produtor de carne ganha um valor agregado, aumentando a renda (EMBRAPA, 2016).

Políticas Públicas

O zoneamento agroecológico (ZAE) da cana-de-açúcar foi criado em 17 de setembro de 2009 e teve como objetivo orientar a expansão sustentável de sua produção da cana-de-açúcar, assim foram realizados estudos sobre tipos de clima e solo de cada região do país, buscando um crescimento produtivo e sustentável. Após os estudos foram levantadas as seguintes considerações para a produção de cana-de-açúcar; fica vetado o plantio em áreas com vegetação nativa, exclusão de áreas para cultivo nos biomas Amazônia, Pantanal e Bacia do Alto Paraguai, indicação de áreas com potencial agrícola sem irrigação plena, indicação de áreas com declividade inferior a 12%, respeito à segurança alimentar, priorização das áreas degradadas ou de pastagem. Em unidades já instaladas, o ZAE não deve ser aplicado, (MAPA, 2009). Segundo Manzatto et al. (2009), Marin e Nassif, (2013) a porcentagem de terras aptas para o uso são: Norte 1,7%, Nordeste 7,6%, Centro Oeste 45%, Sul 11,2% e sudeste com 34,5%.

O ZAE da cana-de-açúcar assegura que as terras aptas são o suficiente para atender as demandas de produção, sendo possível aumentar a produção de cana-de-açúcar por hectare (MAPA, 2009). Segundo a União das Indústrias de Cana-de-açúcar, o uso de novas tecnologias para a produção de etanol permitirá ampliar em até 80% a produção de biocombustível por hectare plantado (UNICA, 2009).

No ano de 2011 tramitou um projeto de lei do senado (PLS) 626/2011, com o principal objetivo de liberar o cultivo de cana-de-açúcar na Amazônia legal, em áreas já degradadas de floresta, em trechos de cerrado e campos gerais dos estados que compõem a região.

A quarta questão vem indagando “se essa tecnologia poderia ser utilizada como políticas públicas”.

Figura 37: Gráfico do uso da iLPF e cana-de-açúcar como políticas públicas

Fonte: Elaborado pelo autor

É possível observar no gráfico 37, que 81% dos entrevistados demonstram que há uma possibilidade de uso do sistema como possíveis políticas públicas.

Tabela 15: Considerações dos entrevistados em relação ao uso da tecnologia como possíveis políticas públicas

Não deve haver aberturas dos ecossistemas para plantio de cana-de-açúcar, há que investir continuamente no aumento da produtividade por área.
Deveria ser liberado o plantio da cana-de-açúcar em todos os ecossistemas do Brasil, com adoções de normas e técnicas de segurança, proibir o uso da queimada e utilizar os resíduos industriais (e.g. bagaço, vinhoto, torta e outros) na irrigação, geração de energia, alimentação animal.

Fonte: Elaborado pelo autor.

Transcrição da tabela

Desde 1970 o agronegócio sucroalcooleiro teve uma considerável expansão, segundo o IBGE (2008) o aumento da área plantada da cana-de-açúcar entre os anos de 1990 e 2007 foi superior a 44%. Toda essa expansão trouxe grandes impactos socioambientais, até então não havia um conjunto de normas, leis e diretrizes que regulassem a produção da cana-de-açúcar no Brasil, assim em 2009 se fez necessária à criação do ZAE da cana-de-açúcar (SOUZA, 2010).

O Zoneamento agroecológico da cana-de-açúcar é criticado, pois se acredita que não há fiscalização suficiente para garantir seu uso eficaz, outro questionamento é que não há

garantias de que as áreas de exceção não sofrerão com impactos negativos causados pelo agronegócio. Outros setores da agropecuária, como a produção de grãos continuam em grande expansão, como a soja, ocupando áreas de pequenos produtores e agricultura familiar e exercendo forte impacto sobre os diferentes tipos de biomas. Produtores, associações e cooperativas vem pedindo ao governo que sejam revistos as regras aplicadas no ZAE, pois acreditam que a cana-de-açúcar sofra restrições não aplicadas a outras matérias primas que causam tanto impacto como a cultura da soja.

A criação de políticas pública pode diminuir, conservar ou impedir a destruição de ecossistemas e seus serviços ambientais (SIMÕES; PEREIRA; FERRAZ, 2014).

Em função de um cenário de insustentabilidade social e ambiental, vê-se necessária a avaliação de sistemas alternativos para produção de cana-de-açúcar. SAFs e sistemas integrados agropecuários são sistemas sustentáveis com grande potencialidade socioeconômica e ambiental, apesar de ser um sistema mais complexo. Nos sistemas integrados agropecuários, produção, sustentabilidade ambiental e social tendem a caminhar em conjunto, por isso teriam grandes chances de serem utilizadas como políticas públicas para a abertura de novas áreas produtivas (BALBINO et al., 2012; PINTO, 2002).

Geração de renda

O uso do sistema integrado proporciona benefícios como a eficiência dos recursos naturais, redução do uso de defensivos agrícolas e fertilizantes. O aumento da renda do produtor rural acontece com a diversificação das atividades, assim como a redução de risco do mercado. Com o sistema pode-se obter maior produtividade das culturas anuais, como a pecuária de corte, leite e produtos oriundos do componente florestal e lavoura.

A quinta questão referiu-se sobre “se a tecnologia estudada traria alguma vantagem ao produtor rural, quanto à geração de renda”.

O gráfico abaixo demonstra que 93% dos entrevistados acreditam que aumentará a renda do produtor rural, utilizando o modelo proposto.

Figura 38: Gráfico dos indicadores sobre a geração de renda

Fonte: Elaborado pelo autor

Noventa e três por cento dos entrevistados acreditam que o uso da tecnologia favoreceria ao aumento de renda do pequeno e médio produtor rural, pois a diversificação das atividades rurais abrem diferentes nichos de mercado.

Tabela 16: Considerações dos entrevistados sobre os indicadores da geração de renda

Como a proposta é de plantio em áreas montanhosas, onde máquinas não conseguem entrar, haverá promoção de empregos de mão de obra e com isso aumentará a geração de renda local.
É importante na concepção do sistema o planejamento da comercialização dos produtos. Muitas das frustrações sobre o uso de sistemas integrados, especialmente quando há introdução de árvores, é a falta de oportunidade de uma comercialização rentável sobre produtos oriundos das espécies arbóreas.
A introdução de um sistema integrado de produção com a cana-de-açúcar, árvores frutíferas e ou nativas e eventualmente o componente animal, requer muito investimento, reverter isso em resultados econômicos de renda ao pequeno e médio produtor será um grande desafio.
Agregar valores em produtos vindos da cana-de-açúcar como produção orgânica de açúcar, rapadura e cachaça.

Fonte: Elaborado pelo autor

Transcrição da tabela

A iLPF proporciona diversos benefícios agronômicos, ambientais, sociais e econômicos. Quanto aos benefícios econômicos, a iLPF diminui os custos na produção anual de grãos, carne e leite, aumenta a produção de fibras e biomassa, reduz o risco no mercado em razão da diversificação de produtos e atividades comerciais, aumenta a oferta de alimento, diminui o uso de agrotóxicos, fertilizantes e favorece o aumento da renda do produtor.

A iLPF tem potencial para aumentar a circulação de riquezas, produzindo maior diversidade de produtos, provendo assim o aumento da oferta de emprego direta e indiretamente (DORNELES & SILVA, 2014). Segundo a ABRAF (2013), as atividades do setor florestal podem gerar aproximadamente 4,4 milhões de empregos e se difere das outras culturas da agricultura, pois não apresenta tanta sazonalidade na mão de obra.

Segundo Kichel et al. (2014), um sistema de iLPF de Eucaliptos Urograndis com soja numa densidade de 227 árvores por hectare na Embrapa Gado de Corte no seu ano inicial, teve como valor de implantação R\$ 2.074,00 reais, com a comercialização da soja num total de 2100 kg/ha e uma colheita de feno de 4000 kg/ha, foi possível a amortização de 85% dos custos da implantação, caso tivesse sido produzida uma SAFrinha teriam uma cobertura de 100% dos custos de implantação.

Vinholis et al. (2010), avaliaram o custo e implantação de um sistema agroflorestal na Embrapa Pecuária Sudeste no município de São Carlos, o sistema utilizou sete espécies arbóreas nativas sendo elas: Pau-jacaré, Angico branco, Canafístula, Jequitibá Branco, Ipê-felpudo, Capixingui e Mutambo, com um total de 256 árvores/ha. O custo da implantação foi de R\$1.968,63 reais por hectare. No montante do valor, as despesas com as espécies arbóreas correspondem a 78% do total e o restante corresponde às despesas da recuperação de pastagens. Quanto à implantação das espécies arbóreas 43% do valor foi gasto em fertilizantes e 32% com mudas, 16% com mão-de-obra, 9% com serviços mecanizados. Segundo Vinholis et. al. (2010) os serviços socioeconômicos e ambientais dos sistemas de produção manifestam-se em longo e médio prazo, o uso de culturas agrícolas nas entrelinhas diminuem os custos de fertilizantes e defensivos agrícolas e reduzem os custos iniciais do plantio de árvores. Após a consolidação do sistema pode-se entrar com o gado, garantindo maior conforto térmico e ganho de peso.

A escolha de cada componente do sistema deve ser estudada, tanto a condição agronômica da espécie, como a existência de mercado para a venda. Para as espécies arbóreas deve-se levar em conta a finalidade da exploração econômica, madeira para carvão, madeira

para mourões, madeira para o setor moveleiro e assim definir o adensamento. Nos anos iniciais dos plantios das árvores, a implantação de culturas favorece na recuperação de pastagens e diminui os custos do gasto com as espécies arbóreas, é de extrema importância estudos que mostrem a aptidão agrícola da área. É necessário que o produtor faça um levantamento dos gastos para implantação do sistema, em caso de dúvidas sempre consultar um técnico e ter em mãos controle de custo de produção e fluxo de caixa. Apesar dos sistemas integrados agropecuários terem um custo mais elevado no início da implantação, em longo prazo há grande ganho com a venda do componente florestal e a diversificação de produtos (GUERREIRO et al., 2016).

A cana-de-açúcar em SAFs poderá ser utilizada na alimentação do gado, pode ser comercializada como um produto agrícola e poderá ser fonte primária para produtos com finalidade artesanal, agregando maior valor econômico como: açúcar orgânico, cachaça e rapadura.

Componente Social

Os benefícios sociais compreendem na geração de empregos diretos e indiretos, aumento e distribuição de renda, aumento da competitividade do agronegócio brasileiro e contribuição para a segurança alimentar do país.

O último indicador vem questionando “se o uso da tecnologia traria alguma mudança quanto ao componente social”.

Figura 39: Gráfico dos indicadores do componente social

Fonte: Elaborado pelo autor

Oitenta e nove por cento dos entrevistados acreditam que a tecnologia favoreceria a criação de novos empregos, qualidade de vida, maior renda familiar e segurança alimentar. Uma grande quantidade de entrevistados concorda que atualmente não há muitos profissionais capacitados para trabalhar em sistemas integrados agropecuários.

Tabela 17: Considerações dos entrevistados sobre os indicadores do componente social

Haverá melhora se a produção de cana-de-açúcar em sistema de iLPF tiver maior apoio e acesso a crédito rural para produtores familiares.
Se seguir o modelo industrial feito pelas usinas não haverá mudança, a menos que a produção seguisse padrões de certificação, que estabelecem requisitos para melhora social.
Se houver mudanças, elas serão prejudiciais ao componente social; tanto o mercado associado à cana quanto ao iLPF (da forma como o sistema é difundido hoje) são pouco inclusivos, e dão pouca autonomia/soberania ao agricultor, principalmente o pequeno.

Fonte: Elaborado pelo autor

Transcrição da tabela

A Constituição Federal de 1988 art. 186 diz que a função social é cumprida quando a propriedade rural atende simultaneamente aos seguintes requisitos: o aproveitamento racional e adequado dos recursos naturais disponíveis, a preservação do meio ambiente, as disposições

que regulam as relações de trabalho e a exploração que favoreça o bem-estar dos proprietários e dos trabalhadores.

A monocultura da cana-de-açúcar traz grandes impactos no componente social. O avanço da mecanização no campo desempregou muitos trabalhadores rurais, cada máquina pode tirar o emprego de aproximadamente 80 homens. Os que ainda se arriscam no campo têm metas de produtividade em torno de 10 toneladas por dia, uma grande porcentagem dos trabalhadores não consegue bater suas metas e são descartados no meio das safras, sem dizer os que adoecem e não buscam ajuda por medo de perder seus empregos que muitas vezes ocorrem na informalidade. Segundo a UNICA (2010) até o ano de 2021 aproximadamente 114 mil empregos na lavoura serão fechados. Como a colheita da cana-de-açúcar acontece em épocas sazonais, produtores não registram os funcionários que trabalham informalmente. Apesar da lei que regulamenta a diminuição gradual da queima da cana-de-açúcar até o ano de 2021, muitos produtores ainda praticam a queimada. As queimadas poluem a atmosfera, segundo Arbex et al. (2004) e Ronquim (2010) uma tonelada de cana queimada gera em torno de 0,0005 toneladas de óxido de nitrogênio, 0,004 toneladas de material particulado, 0,006 toneladas de hidrocarbonetos, 0,028 toneladas de monóxido de carbono, sendo extremamente tóxico para a população.

Sistemas integrados agropecuários valorizam o bem estar do produtor rural, proporcionando uma diversificação de produtos a ser comercializado, impedindo que o proprietário fique escravo de um único nicho de mercado. As produções dos sistemas integrados agropecuários melhoram a qualidade ambiental, aumentam as possibilidades de trabalho diminuindo o êxodo rural. A junção da iLPF tendo como componente a cana-de-açúcar poderá favorecer a produção de madeira, venda de frutos, produção de açúcar orgânico, cachaça, rapadura ou alimentação animal, diversificando seus produtos e consecutivamente melhorando a renda do produtor, assim como a qualidade ambiental.

A adoção de qualquer tecnologia rural está condicionada a diversos fatores como a disponibilidade de solo, infraestrutura tanto para produção, armazenamento e escoamento de produtos, domínio da tecnologia, mão de obra capacitada, recursos financeiros do próprio produtor, assim como acesso a crédito. Atualmente há várias linhas de créditos para produtores rurais como o Programa Nacional de Fortalecimento da Agricultura Familiar (Pronaf) e o Programa Agricultura de Baixa Emissão de Carbono (Programa ABC). O Pronaf financia projetos individuais e coletivos, o crédito rural pode ser utilizado para custeio da safra, atividade agroindustrial, investimento de máquinas, equipamentos ou infraestrutura. Quanto ao Programa ABC, o Governo Federal criou o plano em 2010, concede benefícios e

créditos para os agricultores que adotarem técnicas agrícolas sustentáveis, a taxa é de 5,5% ao ano, com prazo de pagamento de até 15 anos. Segundo Paulo Hermamm os créditos a iLPF tende a melhorar pois é um sistema seguro, por ter diversos nichos de mercado em um só local, tendo maior garantia de produção (SNA, 2019).

Para um retorno econômico é necessário um bom planejamento, a competitividade só acontece com o estudo de mercado e correta configuração do sistema. Os principais erros que os produtores não se atentam está na escolha das espécies usadas tanto na rotação, sucessão e consórcio das culturas, assim como a escolha das espécies florestais. Esses erros acontecem por falta de planejamento, do estudo do mercado ao seu entorno, da logística necessária e previsão de fluxo de caixa e preço para comercialização.

Renques mal projetados tende a diminuir a produção das lavouras, dificultar a pastagem e até mesmo interferir no crescimento das espécies florestais. A escolha de cada componente deve ser realizada de uma forma que atenda o mercado. Caso o produtor não tenha conhecimento o suficiente para garantir um bom desenvolvimento do sistema iLPF é necessária a contratação de um técnico ou agrônomo para ajuda-lo, mão de obra especializada é determinante para o bom desempenho do sistema, pois deve-se haver uma organização das atividades. Em muitos casos o investimento inicial pode ser elevado, porém garantirá em longo prazo valores mais rentáveis.

Figura 40: Gráfico da opinião geral dos entrevistados sobre o possível uso da tecnologia

Fonte: Elaborado pelo autor

Oitenta e oito por cento dos entrevistados acreditam que o sistema seja viável, suas principais colaborações mostram que o manejo correto é um fator determinante para a implantação. Já 12% dos entrevistados não acreditam na viabilidade do sistema, seus pontos

relevantes foram que o preço inicial de implantação é alto para pequenos produtores, há dificuldade ao acesso de crédito e dificuldade de mão-de-obra.

8 CONCLUSÃO: parte 1

A área selecionada foi um sistema silvipastoril, localizado na Embrapa Pecuária Sudeste, apto para o consórcio de Canafístula e a lavoura da cana-de-açúcar, as árvores foram plantadas em aléias, que possivelmente favorece o desenvolvimento da produção de cana-de-açúcar dentro do sistema.

As simulações foram realizadas utilizando o do modelo WaNuLCAS, que possibilitou avaliar o uso da cana-de-açúcar como um componente da iLPF de uma forma qualitativa. O modelo disponibiliza diversas tabelas e gráficos que podem ajudar nas experimentações de campo. O modelo não apresenta boa sensibilidade para o uso de áreas declivosas.

8.1 Conclusão: Parte 2

O levantamento do questionário demonstrou que 88% dos entrevistados acreditam na possível viabilidade do uso da cana-de-açúcar como um componente da lavoura da iLP.

Os resultados obtidos por meio das considerações dos entrevistados adoção sugerem a necessária da adoção de medidas de planejamento anteriores à implantação do sistema, estudar os melhores espaçamentos e manejos, principalmente na introdução da espécie arbórea, que é um componente determinante para o bom andamento da produção, buscar mão-de-obra qualificada ou qualificar a existente. Os pontos de impacto para adoção completa do sistema seriam poucas linhas de crédito, pois o preço inicial de implantação e a dificuldade de mão-de-obra elevam o custo.

8.1.2 Conclusão Geral.

Diante do exposto na análise das entrevistas e simulações há a possibilidade de uso da cana-de-açúcar ser utilizada como um componente do sistema integração Lavoura-Pecuária-Floresta desde que seguidas as melhores práticas de manejo e fomentando o incentivo econômico para o sistema.

9 SUGESTÕES PARA TRABALHOS FUTUROS

Este trabalho trata do possível uso da cana-de-açúcar ser um componente da iLPF. Realizou-se o estudo da lavoura da cana-de-açúcar em consórcio com a espécie arbórea *Canafístula*, ou seja, um sistema silviagrícola (iLF).

As possibilidades de uso dos sistemas da iLPF são amplas, podendo-se ampliar os estudos sobre outras opções de arranjo agrícolas.

Modelos e simulações de sistemas agrícolas podem ser extremamente úteis, pois permitem considerar importantes fatores dentro do espaço e tempo, mas para seu uso há uma grande demanda de dados de entrada, esses dados necessitam ser levantados, categorizados e divididos por regiões. Assim se faz necessário um levantamento bibliográfico dos estudos em Sistemas integrados, organizar conhecimentos, avaliar modelos de simulação que se encaixe nas condições de clima e solos brasileiros, desenvolver um banco de dados compartilhado para armazenar informações.

10 REFERÊNCIAS

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE PRODUTORES DE FLORESTAS PLANTADAS, A. **Anuário estatístico da ABRAF: ano base 2012-2-13**, 2013. Disponível em: <<http://www.bibliotecaflorestal.ufv.br/handle/123456789/3910>>. Acesso em: 5 maio. 2019.

ALVARENGA, R. C. et al. Plantas de cobertura de solo para sistema plantio direto. **Informe agropecuário**, v. 22, n. 208, p. 25–36, 2001.

AMADOR, D. B. Restauração de Ecossistemas com Sistemas Agroflorestais. In: **Restauração ecológica de sistemas naturais**. Botucatu: FEPAF, 2003. p. 105–110.

ARBEX, M. A. et al. Queima de biomassa e efeitos sobre a saúde. **Jornal Brasileiro de Pneumologia**, v. 30, n. 2, p. 158–175, abr. 2004.

BALBINO, L. C. et al. Evolução tecnológica e arranjos produtivos de sistemas de integração lavoura-pecuária-floresta no Brasil. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v. 46, n. 10, p. 12, out. 2011.

BALBINO, L. C. et al. Sistemas de integração: o que são, suas vantagens e limitações. In: **Sistemas de Integração lavoura-pecuária-floresta: a produção sustentável**. 2ed. ed. Brasília, DF: Davi José Bungenstab, 2012. p. 11–18.

BOOTE, K. J.; JONES, J. W.; NIGUEL, B. P. Potential Uses and Limitations of Crop Models. **Agronomy Journal Abstract**, v. 88, n. 5, p. 704–716, 22 set. 1995.

CAMPOS, G.; JOSÉ, C. Método de análise de conteúdo: ferramenta para a análise de dados qualitativos no campo da saúde. **Revista Brasileira de Enfermagem**, v. 57, n. 5, 2004.

CARVALHO, P. C. F. **Canafístula** Embrapa, 2000.

CARVALHO, P. C. F. et al. Definições e terminologias para Sistema Integrado de Produção Agropecuária. **Revista Ciência Agronômica**, v. 45, n. 5. p.1040-1046, 2014.

CHISTE, C.; ZAMBOM, A. C. **Utilização da modelagem e simulação como ferramenta para o processo decisório na agricultura familiar**. Inovação Tecnológica e Propriedade Intelectual: DeSAFios da Engenharia de Produção na Consolidação do Brasil no Cenário Econômico Mundial. **Anais...** In: XXXI ENCONTRO NACIONAL DE ENGENHARIA DE PRODUÇÃO. Belo Horizonte: 4 out.

CONSELHO DE INFORMAÇÕES SOBRE BIOTECNOLOGIA. **Guia da cana-de-açúcar. Avanço científico beneficia o país**. Disponível em: <http://cib.org.br/wp-content/uploads/2011/10/guia_cana.pdf>. Acesso em: 3 maio. 2017.

COMPANHIA NACIONAL DE ABASTECIMENTO - CONAB. **Acompanhamento da safra brasileira de cana-de-açúcar**. Disponível em: <<http://www.conab.gov.br/conteudos.php?a=1253>>. Acesso em: 24 abr. 2017.

CORRÊA, S. T. R. et al. Aplicações e limitações da modelagem em agricultura – Revisão. **Brazilian Journal of Agriculture**, v. 86, n. 1, p. 1–13, 4 out. 2013a.

CRESWELL, J. W. **Projeto de pesquisa: métodos qualitativos, quantitativos e mistos**. 2. ed. Porto Alegre: Artmed, 2007. v. 2 ed.

CURCIO, G. R.; BONNET, A. **A degradação do solo e algumas implicações funcionais ecológicas**. Reunião Paranaense de Ciência do solo. **Anais...** In: SISTEMAS CONSERVACIONISTAS DE PRODUÇÃO E SUA INTERAÇÃO COM A CIÊNCIA DO SOLO: RESUMOS. Londrina: IAPAR, 2013. Acesso em: 29 abr. 2019.

DENARDIN, J. E. et al. Sistema plantio direto: evolução e implementação. In: **Trigo no Brasil: bases para produção competitiva e sustentável**. 1. ed. Embrapa Trigo, 2011. p. 185–216.

DORNELES, T. M.; SILVA, I. M. **Aspectos econômicos de sistemas agroflorestais: considerações sobre a prática de integração lavoura-pecuária-floresta em MS**. 2º SEMINÁRIO INTERNACIONAL DE INTEGRAÇÃO E DESENVOLVIMENTO REGIONAL. **Anais...** In: 7º ECAECO. Ponta Porã: 7 out. 2014.

ELLI, E. F. et al. Ecofisiologia da cana-de-açúcar no sub-bosque de canafístula em arranjos de sistema agroflorestal. **Comunicata Scintiae**, v. 7, n. 4, p. 467–472, 2016.

EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA, EMBRAPA. **Conceito Carne Carbono Neutro - Portal Embrapa**. Disponível em: <<https://www.embrapa.br/busca-de-solucoes-tecnologicas/-/produto-servico/3488/marca-conceito-carne-carbono-neutro>>. Acesso em: 1 jul. 2019.

EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA, EMBRAPA. **ILPF é destaque em palestra na Expozebu 2019 - Notícias sobre ILPF - Portal Embrapa**.

Disponível em: <https://www.embrapa.br/web/rede-ilpf/noticias/-/asset_publisher/98YontSmN1mL/content/ilpf-e-destaque-em-palestra-na-expozebu-2019/1355008>. Acesso em: 5 jul. 2019.

ENGEL, V. L. Sistemas agroflorestais: conceitos e aplicações. In: **Introdução aos Sistemas Agroflorestais**. Botucatu: FEPAF, 1999. p. 70.

FERREIRA, F. N. G. **Estudo sobre confinamentos de gado de corte no Estado de São Paulo, com ênfase na legislação ambiental e automação**. São Carlos: Escola de Engenharia de São Carlos, 11 maio 2015.

FRANCHINI, J. C. et al. **Importância da rotação de cultura para a produção agrícola sustentável no Paraná**. Embrapa Soja, 2001. Disponível em: <http://www.cnpso.embrapa.br/download/Doc_327-VE.pdf>. Acesso em: 14 jul. 2017.

GABIATE, M. V. et al. Erosão em entre sulcos em área cultivada com cana crua e queimada sob colheita manual e mecanizada. **Revista Brasileira de Ciências do solo**, v. 35, p. 2145–2155, 2011.

GALHARTE, C. A.; VILLELA, J. M.; CRESTANA, S. Estimativa da produção de sedimentos em função da mudança de uso e cobertura do solo. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v. 18, n. 2, p. 188–193, fev. 2014.

GALHARTE, C. A. **Avaliação de impactos ambientais da integração lavoura-pecuária: estudo de caso da inovação tecnológica da Embrapa**. text—São Carlos: Universidade de São Paulo, 30 mar. 2007.

GIL, A. C. **Como Elaborar um Projeto de pesquisa**. 4. ed ed. São Paulo: Atlas, 2002.

GUERREIRO, M. F. et al. **Introdução de árvores em sistemas de produção agrícola no bioma Mata Atlântica na região Sudeste**. São Carlos: Embrapa Pecuária Sudeste. 2016.

HAKANSSON, I.; MEDVEDEV, V. W. Protection of soils from mechanical overloading by establishing limits for stresses caused by heavy vehicles. **Soil and Tillage Research**, v. 35, n. 1–2, p. 85–97, ago. 1995.

INDÚSTRIA BRASILEIRA DE ÁRVORES, IBÁ. **Relatório 2017**. Disponível em: <https://webcache.googleusercontent.com/search?q=cache:uBNg48izTZQJ:https://iba.org/images/shared/Biblioteca/IBA_RelatorioAnual2017.pdf+&cd=1&hl=pt-BR&ct=clnk&gl=br>. Acesso em: 2 maio. 2019.

KAGEYAMA, P. Y.; CASTRO, P. F. A. Sucessão secundária, estrutura genética e plantações de espécies arbóreas nativas. **Instituto de Pesquisa e Estudos Florestais**, v. 41–42, p. 83–93, dez. 1980.

KAJINO, H. S. **Modelo de análise de populações de plantas daninhas resistentes a herbicidas**. Dissertação—São Carlos: Escola de Engenharia de São Carlos, 2011.

KICHEL, A. N. et al. Sistema de integração lavoura-pecuária-floresta (ILPP) - Experiência no Brasil. **Boletim de Indústria Animal**, v. 71, n. 1, p. 94–105, 2014.

KLUTHCOUSKI, J. et al. **Sistema Santa Fé-Tecnologia Embrapa: integração lavoura-pecuária pelo consórcio de culturas anuais com forrageiras, em áreas de lavoura, nos sistemas direto e convencional.** Embrapa Arroz e Feijão, 2000.

MACHADO, E. C. et al. Índices biométricos de duas variedades de cana-de-açúcar. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v. 17, n. 9, p. 1323–1329, 1982.

MACHADO, L. A. Z. **Integração Lavoura-Pecuária-Floresta. 1. Estruturação dos Sistemas de Integração Lavoura-Pecuária.** Dourados: Embrapa Agropecuária Oeste, 2011. Disponível em: <<https://www.embrapa.br/web/mobile/publicacoes/-/publicacao/923615/integracao-lavoura-pecuaria-floresta-1-estruturacao-dos-sistemas-de-integracao-lavoura-pecuaria>>. Acesso em: 5 fev. 2017.

FERREIRA, A. D. et al. Manejo das árvores e e propriedades da madeira em sistema de ILPF com eucalipto. In: **Sistemas de integração Lavoura-Pecuária-Floresta: a produção sustentável.** 2. ed. Brasília, DF: Embrapa: 2012. p. 123–142.

MANZATTO, C. V. et al. **Zoneamento Agroecológico da Cana-de-Açúcar Expandir a produção, preservar a vida, garantir o futuro.** Embrapa Solos, 2009.

MINISTÉRIO DA AGRICULTURA PECUÁRIA E ABASTECIMENTO, MAPA. **Zoneamento Agroecológico da Cana-de Açúcar Expandir a produção, preservar a vida, garantir o futuro.** Governo. Disponível em: <http://webcache.googleusercontent.com/search?q=cache:94V4LHv0VkkJ:www.mma.gov.br/estruturas/182/_arquivos/zaecana_doc_182.pdf+&cd=3&hl=pt-BR&ct=clnk&gl=br>. Acesso em: 3 maio. 2019.

MARCONDELLI, A. C. B. et al. **Resistência do solo à penetração em sistemas silvipastoris de baixa e de média complexidade comparados à mata nativa e a pastagens convencionais. - Portal Embrapa.** IX Simpósio Brasileiro de Agropecuária Sustentável. Anais... In: VI CONGRESSO INTERNACIONAL DE AGROPECUÁRIA SUSTENTÁVEL. Universidade Federal de Viçosa - MG: 9 2018.

MARIN, F.; NASSIF, D. S. P. Mudanças climáticas e a cana-de-açúcar no Brasil: Fisiologia, conjuntura e cenário futuro. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v. 17, n. 2, p. 232–239, 2013.

MARTINELLI, L. A.; FILOSO, S. Expansion of sugarcane ethanol production in Brazil: environmental and social challenges. **Ecological Applications: A Publication of the Ecological Society of America**, v. 18, n. 4, p. 885–898, jun. 2008.

MELOTTO, A. M. et al. Espécies florestais em sistemas de produção em integração. In: **Sistemas de Integração Lavoura-Pecuária-Floresta: a produção sustentável.** 2. ed. Brasília, DF: Embrapa: Davi José Bungenstab, 2012. p. 96–119.

MORAES, R. Análise de Conteúdo. **Revista Educação**, v. 22, n. 37, p. 7–32, 1999.

NICODEMO, M. L. F. et al. Desenvolvimento Inicial de Espécies Florestais em Sistema Silvopastoril na Região Sudeste. **Pesquisa Florestal Brasileira**, v. 0, n. 60, p. 89, 2009.

NICODEMO, M. L. F. et al. **Crescimento de árvores e produção de componentes agrícolas em um sistema agrossilvipastoril com práticas orgânicas no bioma Mata Atlântica.** - Portal Embrapa Embrapa Pecuária Sudeste, , abr. 2012.

NICODEMO, M. L. F. et al. REDUCING COMPETITION IN AGROFORESTRY BY PRUNING NATIVE TREES. **Revista Árvore**, v. 40, n. 3, p. 509–518, jun. 2016.

NOORDWIJK, M. V. et al. **WaNuLCAS**. ICRAF, 2011.

OECD/FAO. Brazilian agriculture: Prospects and challenges. In: **OECD-FAO Agricultural Outlook 2015-2024**. 1 ed. ed. Paris: OECD Publishing, 2015. p. 148.

OLIVEIRA, M. M. **Como Fazer Pesquisa Qualitativa**. Vozes, 2008.

PANSACK, W.; HOMWAL, W. **Avaliação da relação e eficiência de fatores de produção na produção de arroz na província de Phitsanulok por modelo agrícola**. Disponível em: <<https://translate.google.com/translate?hl=pt-BR&sl=th&u=https://dspace.tarr.arda.or.th/handle/6622815955/9597&prev=search>>. Acesso em: 6 jul. 2019.

PARMEJIANI, R. S. **Microclima e características agronômicas de Brachiaria decumbens em um sistema silvipastoril**. São Carlos: Universidade de São Paulo, 26 jun. 2012.

PEREIRA, A. R. Mathematical Modeling. **Elsevier Science Publishers B.V.**, v. 31, p. 217–218, 1984.

PEREIRA, J. S.; RODRIGUES, S. C. Crescimento de espécies arbóreas utilizadas na recuperação de área degradada. **Caminhos da Geografia**. v. 13, n. 41, 12 abr. 2009. Disponível em: [www.http://file:///C:/Users/admin/Downloads/16628-Texto%20do%20artigo-62128-1-10-20120419.pdf](http://file:///C:/Users/admin/Downloads/16628-Texto%20do%20artigo-62128-1-10-20120419.pdf). Acesso em: 17 de jul. de 2019.

PEREIRA, V. **O cultivo da cana-de-açúcar em aleias: produtividade agrossilvicultural e influências sobre o agroecossistema**. Tese—Araras: Universidade Federal de São Carlos, 4 dez. 2013.

PEZZOPANE, J. R. M. et al. Microclimate and soil moisture in a silvopastoral system in southeastern Brazil. **Bragantia**, v. 74, n. 1, p. 110–119, mar. 2015.

PINTO, L. F. G. **Avaliação do Cultivo de Cana-de-Açúcar em Sistemas Agroflorestais em Piracicaba, SP**. Tese—Piracicaba: Escola de Ensino Superior Luiz de Queiroz, 2002.

PINTO, L. F. G. et al. Growth, yield and system performance simulation of a sugarcane-eucalyptus interface in a sub-tropical region of Brazil. **Agriculture, Ecosystems and Environment**, v. 105, n. 1–2, p. 77–86, 2005.

PINTO, L. F. G.; CRESTANA, S. Viabilidade do uso da adubação verde nos agroecossistemas da região de São Carlos, SP. **Revista Brasileira de ciências do solo**, v. 22, p. 329–336, 1998.

RICHART, A. et al. Compactação do solo: causas e efeitos. **Semina: Ciências Agrárias**, v. 26, n. 3, p. 321–344, set. 2005.

RICHMOND, B. **An introduction to systems thinking: Stella software**. Nachdr. ed. Lebanon, NH: ISEE Systems, 2013.

RIGHI, C. A. Sistemas Agroflorestais: definições e perspectivas. In: **Cadernos da Disciplina Sistemas Agroflorestais**. Piracicaba: Ciro Abbud Righi, Marcos Silveira Bernardes, 2015. v. 1 p.108.

RONQUIM, C. C. **Queimadas na colheita da cana-de-açúcar: impactos ambientais, sociais e econômicos**. - Portal Embrapa. Embrapa Monitoramento por Satélite, 2010. Disponível em: <<https://www.embrapa.br/busca-de-publicacoes/-/publicacao/878010/queimadas-na-colheita-da-cana-de-acucar-impactos-ambientais-sociais-e-economicos>>. Acesso em: 23 abr. 2017.

SACHIAVON, A. R. B. **Índice de sustentabilidade dos recursos hídricos por meio do pensamento sistêmico no município de Promissão, SP**. Botucatu: Universidade Estadual Paulista, 2017.

SANTOS, H. P. et al. **Princípios básicos da consorciação de culturas**. - Portal Embrapa. Passo Fundo, RS, , 2007. Disponível em: <<https://www.embrapa.br/busca-de-publicacoes/-/publicacao/851363/principios-basicos-da-consorciacao-de-culturas>>. Acesso em: 14 jul. 2017.

SÁ-SILVA, J. R.; ALMEIDA, C. D.; GUINDANI, J. F. Pesquisa documental: pistas teóricas e metodológicas. **Revista Brasileira de História & Ciências Sociais**, v. 1, n. 1, 7 jul. 2009.

SCHWERZ, F. **Interações Dinâmicas no Crescimento de Tungue e Cana-de-Açúcar em sistemas Agroflorestais**. Dissertação—Frederico Westphalen, RS: Universidade Federal de Santa Maria, 2017.

SCHWERZ, F. et al. Yield and qualitative traits of sugarcane cultivated in agroforestry systems: Toward sustainable production systems. **Renewable Agriculture and Food Systems**, p. 1–13, set. 2017.

SERAFIM, M. E. et al. Sistema conservacionista e de manejo intensivo do solo no cultivo de cafeeiros na região do alto são francisco, MG: um estudo. **Bioscience Journal**, p. 944–967, nov. 2011.

SILVEIRA, P. M. et al. Efeitos do manejo do solo sob plantio direto e de culturas na densidade e porosidade de um Latossolo. **Bioscience Journal**, v. 24, n. 3, p. 52–59, set. 2008.

SIMÕES, M.; PEREIRA, S.; FERRAZ, R. **Geração de cenários de mudança de uso do solo na Amazônia legal brasileira em função do agronegócio e da aplicação de políticas públicas**. Anais do Simpósio Regional de Geoprocessamento e Sensoriamento Remoto -. **Anais...** In: GEONORDESTE 2014. Aracaju: 18 nov. 2014.

SOUZA, M. A. DE. A dinâmica territorial do agronegócio sucroalcooleiro e o zoneamento agroecológico da cana-de-açúcar: notas para um debate. **Revista da Geografia do Trabalho**, v. 11, n. 1, 2010.

SOUZA, L. F. N. et al. **Crescimento em altura e diâmetro de árvores nativas conduzidas em sistema silviagrícola submetidas a distintas intensidades de desbaste**. 9ª Jornada Científica - Embrapa São Carlos - 26 e 27 de Outubro de 2017. **Anais...** In: JORNADA

CIENTIFICA. São Carlos: Embrapa Pecuária Sudeste: Alexandre Berndt, Ana Rita de Araújo Nogueira, Bianca Baccili Zanotto Vigna, Juliana Gonçalves Costa, Lea Chapaval, Manoel Antonio Chagas Jacinto, Patrícia Menezes Santos, 26 out. 2017. Disponível em: <<https://www.alice.cnptia.embrapa.br/handle/doc/1080079>>. Acesso em: 7 jun. 2019.

STONE, L. F.; SILVEIRA, P. M. Efeitos do sistema de preparo e da rotação de culturas na porosidade e densidade do solo. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, 2001.

TOLEDO, M. M. et al. **Desempenho socioambiental da Integração Lavoura-Pecuária-Floresta (ILPF) no Maranhão - Estudo de Caso 1: Fazenda Barbosa – Brejo** Embrapa Cocais, , 2017. Acesso em: 29 abr. 2017.

TOMASELLA, J.; HODNETT, M. G.; ROSSATO, L. Pedotransfer Functions for the Estimation of Soil Water Retention in Brazilian Soils. **Soil Science Society of America Journal**, v. 64, n. 1, p. 327, 2000.

VERCHOT, L. V. et al. Climate change: linking adaptation and mitigation through agroforestry. **Mitigation and Adaptation Strategies for Global Change**, v. 12, n. 5, p. 901–918, 1 jun. 2007.

VILELA, L. et al. Integrated crop-livestock systems in the Cerrado region. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v. 46, n. 10, p. 1127–1138, 2011.

VINHOLIS, M. B. V. et al. **Custo da implantação de sistemas de produção silvipastoris em São Carlos, SP**. Maturidade e deSAFios da Engenharia de Produção: competitividade das empresas, condições de trabalho, meio ambiente. **Anais...** In: XXX ENCONTRO NACIONAL DE ENGENHARIA DE PRODUÇÃO - ENEGEP. São Carlos - SP: 12 out. 2010.

WADT, P. G. S. **Práticas de conservação do solo e recuperação de áreas degradadas**. Embrapa Acre, , 2003.

YOUNG, A. Agroforestry. In: **Agroforestry for soil conservation**. CAB International, 1989. p. 318.

WÖSTEN, J. H. M. et al. Development and use of a database of hydraulic properties of European soils. **Geoderma**, v. 90, n. 3–4, p. 169–185, jul. 1999.

ZIMMERMANN, C. L. Monocultura e transgenia: impactos ambientais e insegurança alimentar. **Veredas do Direito: Direito Ambiental e Desenvolvimento Sustentável**, v. 6, n. 12, 2011.

Anexos

Anexo 1: Tabela com a parametrização da Espécie Arbórea Canafístula realizada no Tree Parameterization. Survey

		Parâmetros da Canafístula	Units		
Growth Stage		Length of vegetative cycle	days	2555	Carvalho
		Length of generative cycle	days	270	Carvalho
		Earliest day to flower in a year	Julian day	244	Carvalho
		Latest day to flower in a year	Julian day	60	Carvalho
Growth		Max. growth rate	kg m ⁻²	0,01	Paramet/
		Leaf weight ratio	[]	0,2	Marques Fo.
		Specific leaf area	m ² /kg	11,6	Iannelli-servin
		Water requirement for dry matter production	l kg ⁻¹	430	Paramet/
Canopy		Max. canopy height above bare stem	m	5,02	Empirico
		Ratio between canopy width and height	[]	0,8	Empirico
		Max. canopy radius	m	3	Empirico
		Maximum leaf area index	[]	5	Paramet/
		Ratio leaf area index min. and max.	[]	0,5	Paramet/
Light capture		Relative light intensity at which shading starts to affect tree growth	[]	1	Paramet/
		Extinction light coefficient	[]	0,8	Paramet/
Rain interception		Rainfall water stored at leaf surface	mm	0,03	Paramet/
Allometric Branching (Above Ground)		Apply allometric equation?	[]	1	Paramet/
		Intercept for total biomass equation	kg	0,021	Paramet/
		Power for total biomass equation	cm ⁻¹	3,400	Paramet/
		Intercept for branch biomass equation	kg	0,001	Paramet/
		Power for branch biomass equation	cm ⁻¹	3,200	Paramet/
		Intercept for Leaf&twig biomass equation	kg	0,023	Paramet/
		Power for Leaf&twig biomass equation	cm ⁻¹	2,000	Paramet/
		Intercept for litterfall equation	kg	0,000	Paramet/
		Power for litterfall equation	cm ⁻¹	4,100	Paramet/
		Wood density	kg m ⁻³	2000	Paramet/
Roots	All Type	Root tip diameter	cm	0,1	Paramet/
		Max. root length density in layer4-zone4	cm cm ⁻³	0	Paramet/
	Type 1	Total root length per unit area (x=0)	cm cm ⁻²	1	Paramet/
	Type1 & 2	Tree root distribution shape	m ⁻¹	0,05	Paramet/
		Decrease of root with depth	m ⁻¹	3	Paramet/

Elaborado pelo autor

Anexo 2: Pesquisa de Opinião

Questionário

Prezado Sr (a).

Meu nome é Catia Teodoro, sou aluna de mestrado da Universidade de São Paulo (USP), Escola de Engenharia de São Carlos, Programa de Pós-Graduação em Ciências da Engenharia Ambiental. Meu orientador é o Prof. Dr. Silvio Crestana, professor na USP e pesquisador Sênior da Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária na unidade Embrapa Instrumentação.

O objeto do nosso estudo é que cana-de-açúcar possa ser utilizada como componente do sistema integração Lavoura-Pecuária-Floresta (iLPF)*. Atualmente, a cultura da cana-de-açúcar é feita em grande escala por meio dos sistemas de monocultura. Assim, no presente estudo, pretende-se viabilizar mudança no uso da terra, melhorando a utilização dos recursos naturais. Vislumbra-se como uma das vantagens do sistema proposto o seu uso em áreas montanhosas ou áreas com declives acentuados, os quais maquinários não podem ser utilizados e que por muitas vezes acarretam a subutilização da área. Uma das possibilidades seria utilizar a cana-de-açúcar em meio a espécies arbóreas como nativas, exóticas e frutíferas, favorecendo a produção de madeira, venda de frutos, produção de açúcar orgânica, cachaça, rapadura ou alimentação animal. Considerando suas reconhecidas habilidades profissionais, ficaremos imensamente gratos se puder responder as questões formuladas, em seguida, quanto a vantagem ou desvantagem de adoção da cana-de-açúcar no iLPF:

Portanto, como você vê a possível mudança do uso da terra quanto à produtividade por área, estoque de carbono no solo e o uso de insumos?

Do ponto de vista da degradação como você vê possíveis mudanças quanto à erosão, perda de nutriente e compactação do solo?

Quanto à biodiversidade e recuperação ambiental como você vê a possível mudança quanto à diversidade da vegetação e recuperação de ecossistemas degradados?

O Zoneamento Agroecológico da cana-de-açúcar foi oficializado por meio da publicação do Decreto Presidencial 6.961/2009. O decreto proíbe a expansão de canaviais e a implantação

de novas usinas de etanol ou açúcar na Amazônia, no Pantanal e na Bacia do Alto Paraguai. Atualmente tramita na Câmara Federal uma nova proposta que permitiria o plantio de cana-de-açúcar nesses ecossistemas. Em sua opinião como vê a possível inclusão desse objeto de estudo na referida tramitação?

Sobre a geração de renda, você teria alguma consideração a fazer?

Quanto a componente social, você acredita que haveria algum tipo de mudança importante?

ANEXO

(*) No presente estudo entende-se iLPF como uma estratégia de produção que integra diferentes sistemas produtivos, agrícolas, pecuários e florestais dentro de uma mesma área. Pode ser realizada em cultivo consorciado, em sucessão ou em rotação de culturas, de forma que haja benefício mútuo para todas as atividades. Esta forma de sistema integrado busca otimizar o uso da terra, elevando os patamares de produtividade, diversificando a produção e gerando produtos de qualidade. Com isso reduz a pressão sobre a abertura de novas áreas (Portal do iLPF). Suas modalidades são: Integração lavoura-pecuária (ILP) ou Agropastoril: integração de componente agrícola e pecuário; Integração Pecuária-Floresta (IPF) ou Silvipastoril: integração de componentes de pastagem, animal e florestal; Integração Lavoura-Floresta (ILF) ou Silviagrícola: integração de componente florestal e agrícola; Integração Lavoura-Pecuária-Floresta (iLPF) ou Agrossilvipastoril: integra componentes agrícolas e pecuários e florestais na mesma área.