

**Universidade de São Paulo
Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz”
Centro de Energia Nuclear na Agricultura**

**A perspectiva do uso de fragmentos florestais conservados no
manejo de pragas e doenças na cana-de-açúcar**

Fábio Leonardo Tomas

Tese apresentada para obtenção do título de Doutor
em Ciências. Área de concentração: Ecologia
Aplicada

**Piracicaba
2019**

Fábio Leonardo Tomas
Engenheiro Agrônomo

**A perspectiva do uso de fragmentos florestais conservados no manejo de
pragas e doenças na cana-de-açúcar**

versão revisada de acordo com a resolução CoPGr 6018 de 2011

Orientador:
Prof. Dr. **FLÁVIO BERTIN GANDARA MENDES**

Tese apresentada para obtenção do título de Doutor
em Ciências. Área de concentração: Ecologia
Aplicada

Piracicaba
2019

**Dados Internacionais de Catalogação na Publicação
DIVISÃO DE BIBLIOTECA – DIBD/ESALQ/USP**

Tomas, Fábio Leonardo

A perspectiva do uso de fragmentos florestais conservados no manejo de pragas e doenças na cana-de-açúcar / Fábio Leonardo Tomas. -- versão revisada de acordo com a resolução CoPGr 6018 de 2011. - - Piracicaba, 2019.

119 p.

Tese (Doutorado) - - USP / Escola Superior de Agricultura "Luiz de Queiroz". Centro de Energia Nuclear na Agricultura.

1. Diversidade florestal 2. Cana-de-açúcar 3. Serviços ecossistêmicos 4. Pragas 5. Doenças 6. Manejo I. Título

DEDICATÓRIA

Ao Professor Paulo Yoshio Kageyama (*in memoriam*)

AGRADECIMENTOS

Agradecimentos:

Aos professores que orientaram este trabalho: Flávio Bertin Gandara Mendes,

Hasime Tokeshi, Paulo R. Lopes, Miguel Cooper, Sônia Maria de Estéfano Piedade, Marcos Sorrentino.

José Roberto Postali Parra, José Maurício Simões Bento, Wesley Augusto Conde de Godoy, Felipe Gustavo Pilau, Laura Fernanda Simões da Silva.

Aos funcionários da Biblioteca Central do Departamento de Agroecologia e do Programa de Pós-graduação em Ecologia Aplicada da ESALQ USP: Antonia Mara Piacentini Casarin, Elza Maria Ferraz, Eliana Maria Garcia.

Aos pesquisadores associados do projeto. Eduardo Gusson, Renata Morelli, Mariana Garrigós.

Aos estagiários parceiros de trabalho, Rodrigo Shirasaishi, Leo Haneda, Ana Laura Toledo Simões, Ana Raquel Mendes, Angelo Gabriel Trevisoli Silva, João Pedro Gonçalves Silva, Renata Rodrigues Vieira da Silva, Madoka Hishi, Lucas Vicentim, Luisa Mucci de Oliveira, Podrão, Fabrício Petkevicius e Matheus Poggi.

Aos técnicos ligados ao projeto e que o apoiaram: Alexandro (Raízen), Grupo técnico da coplacana, e aos agricultores do campo que sempre ajudaram em tudo o que puderam.

Aos meus filhos João, Isadora e Flávia Helena que me apoiaram em todos os momentos, e demonstraram paciência e entendimento do porque seu pai tinha menos tempo para estar com eles.

A minha companheira durante todo o projeto: Aline La Luna Oliveira

A minha família que tudo apoiou desde meu nascimento, amada mãe Darticléa Aparecida Ribeiro Thomaz, 2ª mãe Geralda Maria Thomaz, irmãs Daniele Thomaz, Angela Maria dos Santos, sobrinha Sophia Thomaz, irmão Robson Aquilini Ribeiro, Sueli Aparecida de Araújo Ribeiro, meus primos, tios e demais queridos.

Aos meus ancestrais do outro lado: amado pai Flávio José Thomaz a toda a minha linhagem e amigos que já se foram, mas que me dão forças até hoje.

SUMÁRIO

RESUMO	8
ABSTRACT	9
LISTA DE FIGURAS	10
LISTA DE TABELA	12
1. INTRODUÇÃO	13
1.1. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA	15
1.1.1. Agricultura e Biodiversidade	15
1.1.2. Biodiversidade Florestal e Serviços ecossistêmicos	18
1.1.3. Importância e espaço dos fragmentos florestais	18
1.1.4. Agrecologia	20
1.1.5. A cultura da cana-de-açúcar	22
1.2. Hipótese e justificativas	26
2. OBJETIVOS	29
3. MATERIAL E MÉTODOS	31
3.1. Desenho experimental e local	31
3.2. Abordagem metodológica	32
REFERÊNCIAS	34
SEGUNDO CAPÍTULO: A DIVERSIDADE E A RIQUEZA ARBÓREA DA MATA DO PINHEIRINHO, O AMBIENTE DA CANA-DE-AÇÚCAR NO SEU ENTORNO E A CARACTERIZAÇÃO EDAFOCLIMÁTICA LOCAL	39
RESUMO.....	39
ABSTRACT.....	40
2.1. INTRODUÇÃO	40
2.1.1. Hipótese e justificativas	47
2.2. OBJETIVOS	48
2.3. MATERIAIS E MÉTODOS	48
2.3.1. Local	48
2.3.2. Avaliação da Diversidade Arbórea	48
2.3.3. Caracterização do Ambiente da cana-de-açúcar	52
2.3.3.1. Clima	52

2.3.3.2. Solos (amostragem; coleta de dados; parâmetros avaliados: Nível de compactação; pH; v%; argila)	52
2.3.3.3. Manejo e variedades da cana no local	55
2.4. RESULTADOS E DISCUSSÃO	55
2.4.1. Caracterização da Mata do Pinheirinho e da Diversidade Arbórea	55
2.4.2. Avaliação da diversidade arbórea	56
2.4.3. Ambiente da cana-de-açúcar	58
2.4.3.1. Clima	58
2.4.4. Solos	60
2.4.4.1. Formação e tipo de solos no local	60
2.4.4.2. Caracterização físico-química das amostras coletadas	61
2.4.5. Manejo da cana-de-açúcar	65
2.5. CONCLUSÕES	66
REFERÊNCIAS	66
TERCEIRO CAPÍTULO: A RELAÇÃO ENTRE A DISTÂNCIA DE FRAGMENTO FLORESTAL E A ENTOMOFAUNA NA CANA-DE-AÇÚCAR	73
RESUMO.....	73
ABSTRACT.....	73
3.1. INTRODUÇÃO	74
3.1.1. Hipótese e justificativas	82
3.2. OBJETIVOS	82
3.3. MATERIAL E MÉTODOS	82
3.3.1. Local	82
3.3.2. Levantamento da entomofauna	84
3.3.3. Análise dos dados	85
3.4. RESULTADOS E DISCUSSÃO	86
3.4.1. Diversidade relativa	87
3.5. CONCLUSÕES	88
REFERÊNCIAS	89
QUARTO CAPÍTULO. OCORRÊNCIA DE RAQUITISMO-DA-SOQUEIRA NA CANA-DE-AÇÚCAR E A DISTÂNCIA DE FRAGMENTO FLORESTAL.....	95
RESUMO.....	95
ABSTRACT.....	95
4.1. INTRODUÇÃO	96

4.1.1. Hipótese e justificativa	99
4.2. OBJETIVOS	100
4.3. MATERIAL E MÉTODOS	100
4.3.1. Local	100
4.3.2. Diversidade arbórea da Mata	100
4.3.3. Característica da área de cana-de-açúcar no entorno da mata	101
4.3.4. Determinação do nível de sintomas e danos do raquitismo-de-soqueira	101
4.3.5. Amostragem	102
4.3.6. Análise de dados	102
4.4. RESULTADOS E DISCUSSÃO.....	103
4.5. CONCLUSÕES	106
REFERÊNCIAS	107
5. CONSIDERAÇÕES FINAIS	111
ANEXO.....	113

RESUMO

A perspectiva do uso de fragmentos florestais conservados no manejo de pragas e doenças na cana-de-açúcar

Este trabalho avaliou a função ecológica da diversidade arbórea em um agroecossistema partindo da hipótese de esta ser um instrumento significativo no manejo agrícola de pragas e doenças. Tendo a cultura da cana-de-açúcar como objeto de estudo, durante dois anos foi conduzido um experimento de campo no município de Mombuca – SP ao redor da mata do Pinheirinho, um fragmento florestal de porte e composição de vegetação de Mata Atlântica Estacional Semidecidual, cercado inteiramente por cultivos de cana-de-açúcar. O design experimental foi em Delineamentos Sistemáticos que permitiu a possibilidade de acompanhar os indicadores em pontos fixamente estabelecidos ao longo do tempo. Assim, foram delimitados 8 transectos de 100 metros de comprimento em sentidos cardeais a partir das bordas do fragmento florestal em direção aos talhões de cana-de-açúcar. Foram também demarcados seis pontos amostrais em situação de isolamento quanto à presença florestal, minimamente distantes em 300 metros de qualquer fragmento de porte significativo. O levantamento arbóreo na mata foi realizado através do método dos quadrantes. A riqueza em espécies raras foi avaliada e a diversidade arbórea foi determinada por índices de diversidade. A caracterização edáfica dos cultivos de cana foi realizada por meio de análises físico-químicas das amostras coletadas no início do estudo. As condições climáticas de temperatura e precipitação foram acompanhadas em todo o período do estudo. As informações sobre o cultivo e manejo da cana-de-açúcar no local foram disponibilizadas pelos técnicos e agricultores da usina e cooperativa que mantêm os talhões. A entomofauna na cultura foi monitorada mensalmente, durante seis meses em cada ano do estudo. Armadilhas do tipo Moericke foram instaladas em pontos amostrais estabelecidos de dez em dez metros nos 8 transectos e nos pontos isolados. Além da diversidade de insetos, foram analisados como indicadores de insetos-praga, a broca-da-cana (*Diatraea saccharalis*) e a cigarrinha-da-raiz (*Mahanarva fimbriolata*), e como indicadores de inimigo natural, parasitoides do gênero *Paratheresia* sp. (Diptera: Tachinidae). O indicador de doença foi o raquitismo da soqueira (*Leifsonia xyli* subsp. *xyli*), cujo nível de infestação foi monitorado nos dois anos do estudo. Os resultados obtidos foram interpretados após análise estatística específica para cada indicador. O fragmento florestal possui área de 214 hectares. Na amostragem da vegetação arbórea foram identificadas 67 espécies arbóreas entre 224 indivíduos amostrados. O índice de diversidade de Shannon foi de 3,04, de dominância de Simpson foi de 0,87 e as proporções de espécies e indivíduos raros foram, respectivamente, 0,42 e 0,43. A avaliação da entomofauna demonstrou efeito direto entre a distância da mata e a ocorrência de cigarrinha e broca da cana-de-açúcar. A distância da mata não interferiu na quantidade do parasitoide avaliado. A diversidade de insetos foi analisada após agrupamento das ordens coletadas em três diferentes grupos, separados conforme características biológicas e ecológicas das ordens. A proporção daqueles considerados potencialmente benéficos aumentou com a proximidade da mata. A proporção do grupo potencialmente misto (benéficos e prejudiciais) aumentou com a distância da mata. O número de indivíduos no grupo considerado potencialmente prejudicial não variou em função da distância da mata. A intensidade e infestação de raquitismo de soqueira teve aumento gradual e diretamente relacionado ao distanciamento das plantas cultivadas em relação ao fragmento florestal.

Palavras-chave: Diversidade arbórea; Cana-de-açúcar; Serviços ecossistêmicos

ABSTRACT

The perspective of the use of forest fragments preserved in the management of pests and diseases in sugarcane

This work evaluated the ecological function of Arboreal Diversity in an agroecosystem based on the hypothesis that this is a significant instrument in the agricultural management of pests and diseases. After two years of cultivation of sugarcane as an object of study, a field experiment was carried out in the municipality of Mombuca, SP, around the Pinheirinho forest, a forest fragment of vegetation of the Atlantic Semideciduous Atlantic Forest, surrounded entirely by sugarcane crops. The experimental design was in Systematic Design that allowed the possibility of accompanying the indicators at fixed points established over time. Thus, eight 100-m-long transects were delineated in cardinal directions from the edges of the forest fragment toward the sugarcane fields. Six sample points were also demarcated in isolation from the forest presence, minimally distant at 300 meters from any significant fragment. The arboreal survey in the forest was done in quadrants. Wealth in rare species was evaluated and Arboreal Diversity was determined by diversity indexes. The edaphic characterization of the sugarcane crops was through physical-chemical analysis of the samples collected at the beginning of the study. Climatic conditions of temperature and precipitation were monitored throughout the period. Information on the cultivation and management of sugarcane in the site was made available by the technicians and farmers of the plant and cooperative that maintain the plots. The forest fragment has an area of 214 hectares, 67 tree species were identified in 224 individuals sampled. The diversity indexes were: Shannon 3.04; Simpson 0.87, the proportions of rare species and individuals were respectively 0.42 and 0.43. The evaluation of the entomofauna showed a direct effect between the distance of the forest and the occurrence of the sugar cane borer and the sugarcane borer. The distance from the forest did not interfere with the amount of parasitoid evaluated. The diversity of insects was analyzed after grouping the orders collected in three different groups according to the biological and ecological characteristics of the orders. The proportion of those considered potentially beneficial increased with the proximity of the forest. The proportion of the potentially mixed group (beneficial and harmful) increased with distance from the forest. The number of individuals in the group considered potentially harmful did not vary according to the distance of the forest. The intensity and infestation of ratoon rickets had a gradual increase and was directly related to the distancing of the cultivated plants in relation to the forest fragment.

Keywords: Forest diversity; Sugar cane; Ecosystemic services

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 – Mata e perímetro do Município de Mombuca – SP	31
Figura 2 – Vista de satélite da mata do Pinheirinho e entorno	32
Figura 3 – Demonstração do método de amostragem e coleta de campo de indivíduos arbóreos utilizado no levantamento da mata do pinheirinho	49
Figura 4 – Esquema utilizado do modelo em delineamento amostral sistemático, por transectos, no cultivo de cana-de-açúcar ao redor da mata do Pinheirinho	53
Figura 5 – Sentido dos transectos delineados no campo nos lados norte (A) e sul (B) da mata do Pinheirinho	54
Figura 6 – Número de espécies com grau de raridade acima de 4 numa escala de 1 a 7, demonstrativo de espécies raras no local do levantamento	58
Figura 7 – Médias de temperatura (°C) históricas, em 2017 e 2018 no local do experimento no município de Mombuca – SP	59
Figura 8 – Médias de precipitação (mm) históricas, em 2017 e 2018 no local do experimento no município de Mombuca-SP	59
Figura 9 – Estrutura geológica presente na região de Mombuca e saltinho próximo ao sul de Piracicaba localizado no número 50 abaixo do município de Piracicaba toda colocada em cor azul, caracterizada como sendo local de colinas dissecadas e morros baixos	60
Figura 10 – Mapa pedológico na região de Mombuca-SP	61
Figura 11 – Profundidade média (cm) da compactação do sol, na qual a resistência à penetração é igual a 2 MPa utilizando penetrômetro Hatô, em cultivo de cana conforme a distância da mata do Pinheirinho em Mombuca-SP	62
Figura 12 – pH do solo em cultivo de cana conforme a distância da mata do Pinheirinho em Mombuca-SP.	63
Figura 13 – Saturação por bases (V%) em solo de cultivo de cana conforme a distância da mata do Pinheirinho em Mombuca-SP	63

Figura 14 – Teor de argila (g/kg) em solo de cultivo de cana conforme a distância da mata do Pinheirinho em Mombuca-SP.	64
Figura 15 – Teor de matéria orgânica (g/dm ³) em solos de cultivo de cana conforme a distância da mata do Pinheirinho em Mombuca-SP	65
Figura 16 – Teor de areia (g/kg) em solos de cultivo de cana conforme a distância da mata do Pinheirinho em Mombuca-SP.	65
Figura 17 – Número médio de cigarrinhas-das-raízes em cultivo de cana-de-açúcar conforme distância da mata.....	86
Figura 18 – Número médio de adultos de broca-da-cana em cultivo de cana-de-açúcar conforme distância da mata do Pinheirinho em Mombuca-SP.	87
Figura 19 – Número médio de parasitoides tachinídeos em cultivo de cana-de-açúcar conforme distância da mata do Pinheirinho em Mombuca-SP.	87
Figura 20 – Diversidade relativa (proporção) da entomofauna potencialmente benéfica, prejudicial e mista coletadas em armadilhas Moericke em cultivo de cana conforme a distância da mata do Pinheirinho em Mombuca-SP.....	88
Figura 21 – Escala (inversa) de notas dos níveis de infecção do raquitismo da soqueira em cana-de-açúcar. (1). Planta muito infestada. (2) Planta infestada. (3) Planta medianamente infestada. (4). Planta pouco infestada. (5). Planta muito pouco infestada. (6) Planta minimamente infestada.....	104
Figura 22 – Nível médio de sintomas do raquitismo da soqueira (nota) em cultivo de cana-de-açúcar conforme distância da mata do Pinheirinho em Mombuca-SP.....	105

LISTA DE TABELA

Tabela 1 - Índices de diversidade da mata do Pinheirinho, Mombuca-SP 57

1. INTRODUÇÃO

As demandas de alimentos e demais produtos da agricultura têm aumentado nas últimas décadas, e em paralelo, o impacto sobre ecossistemas naturais é grande, causando uma alta redução da biodiversidade (MYERS, 1979; LEWIS, 2007; QUAMMEN, 2008).

Grandes culturas como a cana-de-açúcar apresentam consideráveis perdas de produtividade e custos relativamente altos com a utilização de agroquímicos, principalmente devido à ocorrência de insetos-praga e doenças (ROSSETO, 2003).

A manutenção e preservação da biodiversidade nos ecossistemas é um dos grandes desafios contemporâneos. Encontrar alternativas que demonstrem sua funcionalidade em apoio e cooperação aos processos de desenvolvimento socioambiental é estratégico para a conservação e uso dos ecossistemas.

Historicamente a produção rural se apoia e se viabiliza através do uso de recursos naturais, muitas vezes de forma insustentável e predatória.

A medida que os cultivos agrícolas avançaram, a vegetação nativa foi dilapidada e fragmentada, quer seja para uso no desenvolvimento urbano, quer seja para ceder lugar à agricultura.

Em um cenário de redução de áreas cultivadas na região de Piracicaba, com preços baixos para o valor da tonelada, a cultura da cana-de-açúcar vem convivendo com aumentos gradativos na ocorrência de pragas e doenças em seus plantios.

Os danos causados por problemas fitossanitários à cana-de-açúcar representam uma ameaça à sustentabilidade cultura, uma vez que os custos de produção são fatores importantes na manutenção e continuidade de condução da cultura.

Atualmente no controle de pragas e doenças diversas formas de manejo fitossanitário são testadas e utilizadas sendo que, muitas vezes, estas possuem diferentes naturezas de ação (físicas, biológicas e químicas, por exemplo).

Outras mudanças no manejo da cultura da cana-de-açúcar são causadas por fatores diversos até mesmo legais, como no Estado de São Paulo que a partir da proibição de queimadas apresentou redução de áreas utilizadas para o cultivo de cana-de-açúcar.

Estes locais foram denominados zonas de recuo, que na região do estudo somadas podem representar uma área significativa que atualmente se coloca sem perspectivas de uso (SÃO PAULO, 2002).

A partir destes muitos fatores de demandas de manejo e considerando que muitas soluções para problemas agrícolas e socioambientais podem estar diretamente ligadas à estabilidade dos agroecossistemas, levantou-se a hipótese de que o componente florestal do Bioma Atlântico, quando restaurado e conservado em sua diversidade natural arbórea pode

se tornar parte deste conjunto de estratégias de manejo que visam a diminuição da ocorrência de pragas e doenças na cana-de-açúcar.

A estratégia proposta é a de utilizar a vegetação nativa de ambientes restaurados em áreas agrícolas abandonadas pelo cultivo canavieiro e os fragmentos florestais remanescentes, como polos de Diversidade Arbórea no manejo e controle de pragas e doenças.

As informações geradas a partir desta investigação podem auxiliar a tomada de decisões sobre a forma de manejo e conservação de florestas nativas nas regiões onde o cultivo de cana-de-açúcar é extensivo.

Socialmente, pode representar uma mudança cultural positiva na relação entre o agricultor e a presença e conservação do componente florestal próximos às áreas cultivadas, trazendo benefícios diversos às áreas rurais.

A partir da ampliação dos estudos sobre a relação existente entre a presença da diversidade arbórea rica e conservada, interagindo com o ambiente de cultivo, pode-se dimensionar formas e parâmetros para o uso e convívio sustentável destes meios.

Tais conhecimentos podem ser considerados essenciais para a criação de uma agenda de pesquisa que assuma a necessidade de reunir contribuições das ciências agrárias e ecológicas, entre outras áreas do conhecimento, necessitando os pesquisadores assumir a posição de trabalhar com integração e implementação destes saberes (DURU et al., 2015).

Este trabalho está dividido em 4 partes principais.

No primeiro capítulo buscou-se contextualizar os fatores ambientais e de manejo que podem influenciar ou impactar os dados levantados a respeito dos indicadores elencados.

No segundo capítulo foram abordados os aspectos de caracterização da floresta existente, bem como dos solos, climatologia e manejo da cana-de-açúcar. Este capítulo contribui para o conhecimento da estrutura e composição da mata presente no local do experimento.

No capítulo 3º, discute-se a metodologia de coletas de insetos com iscas posicionadas nos canaviais que circundam o fragmento florestal.

Os insetos elencados como indicadores são: duas das principais pragas da cana-de-açúcar na região, a cigarrinha-das-raízes (*Mahanarva fimbriolata*) e a broca-da-cana (*Diatraea saccharalis*); os parasitoides da ordem Díptera, família Tachinidae, inimigos naturais destas pragas; além da entomodiversidade geral dividida em três categorias de insetos, os potencialmente benéficos, os potencialmente mistos e os potencialmente prejudiciais para a cana-de-açúcar, todos observados em função de seu distanciamento da mata do Pinheirinho.

No 4º capítulo foi feita uma avaliação sobre a infestação e severidade da doenças raquitismo-de-soqueira causada pela bactéria *Leifsonia xyli subsp. xyli*. A abordagem metodológica seguiu o modelo de delineamento sistemático com pontos amostrais que se

distanciavam da borda do fragmento florestal em direção ao interior dos talhões de cana-de-açúcar. Tais resultados de infestação e severidade apoiam e corroboram a hipótese central da tese.

1.1 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

1.1.1. Agricultura e Biodiversidade

O histórico da agricultura brasileira é de grande importância no cenário mundial desde tempos coloniais. A cana-de-açúcar, desde o início de seu cultivo, já supria uma demanda considerável dos países europeus e asiáticos por um produto raro e caro que era o açúcar mascavo.

Os engenhos brasileiros desde que iniciaram suas atividades e até hoje, fazem parte de um dos ícones do desenvolvimento agroindustrial mundial comparável em importância com as fábricas de tecelagem europeias e outros setores que tiveram seu desenvolvimento a partir do século XVI e XVII (FAUSTO, 2004).

À medida que novos ciclos migratórios foram acontecendo, novos ciclos agrícolas se formaram no país diante das demandas e necessidades dos mercados interno e externo, desta forma os italianos, alemães e outros povos participaram intensamente de novos ciclos agrícolas e econômicos no Brasil, como o ciclo econômico do café, por exemplo.

Atualmente, o Brasil é referência tecnológica e produtiva em diversos setores da agricultura e pecuária mundial, incluindo cultivo de grãos e commodities, fruticultura, olericultura, entre outros (RIBEIRO, 1985).

Para atingir a meta de se tornar uma referência mundial em produção de alimentos, o uso de recursos naturais é parte importante deste processo, sendo que os recursos hídricos, de solos, do manejo e da biologia dos vegetais são importantes fatores na determinação da produtividade agrícola.

Como demonstrado de diversas maneiras (gráficos, mapas, livros, filmes, artigos, outros), o crescimento demográfico levou a uma maior ocupação de terras para a ampliação de cidades, o que acarretou conseqüentemente em um crescimento da área de produção rural, com uma agressiva perda do componente florestal (DEAN, 2004).

Esta perda do componente florestal dos ambientes nativos, apenas manejados anteriormente por povos indígenas, se dá de diferentes modos, tanto pela sua retirada total, quanto pela retirada parcial de elementos como madeiras nobres, frutas e produtos florestais de diferentes usos.

Algumas florestas degradadas, total ou parcialmente, tiveram seu processo regenerativo permitido ou condicionado por legislações específicas, formando o que

atualmente classificamos como fragmentos florestais. Tais fragmentos florestais podem ter diferentes históricos e formações, e configuram pontos de presença de biodiversidade (SEOANE, 2006).

Neste contexto, onde se deu o desenvolvimento agrícola brasileiro, as florestas foram sendo vistas de diferentes formas pelas pessoas do campo e das cidades criando um distanciamento no modo como estes grupos conseguem compreendê-las, sendo que a imagem de um campo cheio de florestas, animais silvestres e rios piscosos que existia desde o passado colonial foi sendo substituída gradualmente, à partir da década de 1930 em diante, pela de uma área de campos limpos, altamente produtiva e com o mínimo de interferência que possa ser maléfica aos produtos gerados neste local (SUZUKI, 2007).

Nesta nova visão, muito difundida, durante o período considerado da Revolução Verde (anos 60 a meados de 80), os cultivos agrícolas foram melhorados para aumento de produtividade, com uma grande ênfase ao combate sumário de pragas e doenças que diminuíssem índices de produtividade, uma vez que o uso de clones e híbridos, ou seja, de vegetais com base de diversidade genética estreita em sua própria espécie, se tornou mais difundido (FGV, 2006).

A medida que se diminui a base da diversidade genética de um recurso vegetal, sua resistência as doenças ou fatores adversos se torna mais estreita, ou seja, a espécie se torna mais suscetível a sofrer por perdas populacionais no caso de um agente patogênico estar atuando em um organismo suscetível (COSTA, 2012).

A partir da especialização das técnicas em agricultura, novas demandas foram sendo formuladas em desafios como o de alimentar uma população crescente de consumidores de alimentos, desta forma, esforços foram feitos no sentido de se desenvolver técnicas utilizando os diferentes paradigmas do conhecimento agrícola (BIASI et al., 2015).

A relevância das interações entre pragas e doenças e os sistemas agroflorestais é de extrema importância nesse contexto, no entanto poucos estudos ainda são conduzidos seguindo esta linha de trabalho (SCHROTH et al., 2000).

A busca de novos métodos e meios de práticas agrícolas é um desafio mundial.

Uma das abordagens sobre o desenvolvimento de novas técnicas em agricultura pode passar pelo entendimento e incorporação de práticas agrícolas tradicionais e da forma como antigos e tradicionais agricultores manejavam além de seus cultivos, suas áreas totais ou suas paisagens como um todo, mantendo e, muitas vezes, ampliando a biodiversidade contida em suas formações florestais e nativas (BIASI et al., 2015)

A perda da biodiversidade pode se dar em diversas formas, sendo que espécies consideradas raras ou de ocorrência menos densa, são alvos muito impactados por este processo, onde muitas vezes a perda de um ecossistema pode trazer uma diminuição da

variedade de determinadas espécies permitindo a ocorrências de exóticas ou a dominância de determinados fenótipos (BEIERKUHNLEIN; NESSHÖVER, 2006).

A Mata Atlântica assim como demais ambientes nativos florestais ricos em biodiversidade são exemplos dos biomas altamente impactados pela ação humana, desde as primeiras ocupações de colonizadores até os dias de hoje, sendo devastado, substituído e ocupado durante todo o processo de desenvolvimento do Brasil (VIANA, 1998; SÃO PAULO, 2000; RIBEIRO, 2009).

Este contexto levou a uma redução das áreas de Mata Atlântica e conseqüentemente de sua função tanto no ciclo de águas quanto na manutenção da biodiversidade bem como em outros serviços ecológicos. Como exemplo, a cana-de-açúcar, que se estabeleceu na região de Piracicaba por volta do século XVIII e, historicamente, é um dos cultivos mais tradicionais desta região (MOTTA, 2006).

Atualmente, contamos com menos de 11% da cobertura Mata Atlântica original e, em sua maior parte, está concentrada na região da zona serrana voltada à face oceânica do continente do Estado de São Paulo. Uma pequena quantidade desta mata foi preservada e, apesar deste bioma apresentar níveis de crescimento e restauração da ordem de pelo menos 2 a 3% nas últimas décadas, a meta para se possuir uma alta taxa de cobertura e conectividade desta ainda está distante (FARINACCI; SAMPAIO; BATISTELLA, 2012).

Desta maneira, os cultivos agrícolas que estão presentes nesta região contam com pequenas áreas florestadas ou fragmentos florestais, geralmente degradados, ao redor. Estes modelos agrícolas formam grandes maciços cultivados altamente conectados e com raros intervalos entre talhões (MATOS, 2011).

Esta realidade da composição da paisagem agrícola demonstra na prática, como resultado, uma alta taxa de infestação de pragas e doenças nos cultivos, incluindo os de cana-de-açúcar, o que acarreta num aumento gradual do custo de produção devido à necessidade de um controle de pragas e doenças crescente por parte de produtores rurais (WADT, 2012).

1.1.2. Biodiversidade Florestal e Serviços ecossistêmicos

Em cultivos agroecológicos na Suíça, que possuem muitas vezes uma composição acima de 20 espécies vegetais em consórcio, estes demonstram taxas de ocorrência de pragas agrícolas em índices considerados toleráveis, demonstrando uma função reguladora da presença da diversidade em agroecossistemas (BOLLER; GUT; REMUND, 1997).

No Brasil, a demonstração de que florestas nativas altamente biodiversas possam ser, sob uma ótica agrônômica e de manejo, financeiramente interessantes na diminuição da ocorrência de pragas agrícolas, pode levar a configuração de uma nova opção de manejo coadjuvante ao cultivo de cana-de-açúcar.

Pode se apresentar como uma alternativa de cultivo e de adequação ambiental conjuntamente, o que promove inclusive um alinhamento com o preconizado no novo código florestal, o qual prevê a recomposição florestal de propriedades rurais com déficit de vegetação nativa. (BRASIL, 2012).

Em um contexto socioambiental, a conservação da qualidade florestal e manutenção da biodiversidade em fragmentos florestais podem auxiliar no marketing do desenvolvimento de produtos ecologicamente mais corretos e com valor ambiental agregado (SILVA; NETO, 1997).

A influência de fragmentos florestais é relatada por diversos autores como, sob vários aspectos, positiva aos cultivos agroflorestais e, de maneira geral, demonstram a necessidade de trabalhos que busquem conhecimento sobre as funções que promovem, bem como, sua real funcionalidade ou nível de influência em cultivos (ALTIERI, 1994a; ALFAIA, 2000; FURTADO et al., 1996; KAGEYAMA, 2007; TOMAS, 2010).

Trabalhos produzidos atualmente envolvem as funções de componentes arbóreos no interior de cultivos agrícolas, considerando a presença da Biodiversidade arbórea como um elemento interno ao agrossistema (PINTO, 2002; LOPES, 2014).

1.1.3 Importância e espaço dos Fragmentos Florestais

O aumento da demanda de alimentos e as possibilidades de enriquecimento financeiro levaram áreas florestais a serem substituídas em favor de cultivos agrícolas.

Ainda é um grande desafio conciliar as demandas agrícolas e alimentícias e a conservação de ecossistemas, sendo este cenário não apenas restrito ao Brasil, mas de certa forma comum em países em desenvolvimento e com altas taxas de biodiversidade nativa, como o México e países da América Central (HARVEY et al., 2008).

A agricultura é a principal causa da perda de biodiversidade e ecossistemas no mundo e atualmente é responsável pelo uso de 40% de todo território útil do planeta, com taxas variáveis entre diferentes países e situações políticas locais, sendo mais intensa em países em desenvolvimento e geralmente com altas taxas de biodiversidade (BENAYAS; BULLOCK, 2012).

Em alguns países desenvolvidos e com alta mecanização, algumas das áreas agrícolas estão sendo, de certa forma, abandonadas ou menos utilizadas, e em países em desenvolvimento como a China, entre outros, recebem incentivos para restaurar suas formações vegetais originais.

A restauração florestal é colocada como medida viável para a restauração de serviços ecossistêmicos e beneficiamento da produção agrícola (VANDERMEER; PERFECTO, 1995).

Existe inúmeras vantagens em serviços ecológicos e para o desenho de paisagens na conservação de biodiversidade em locais externos aos cultivos agrícolas, sendo que as áreas de recuo agrícola, como é o caso encontrado no cenário da cana-de-açúcar na região de Piracicaba, podem ser locais próprios para esta estratégia de aliar conservação e controle de pragas e doenças na agricultura (BENAYAS; BULLOCK, 2012).

As florestas nativas suportam mais de 70% das formas de vida encontradas em terra e sua perda resulta em uma grave ameaça às formas de vida. Cultivos agrícolas causam grandes impactos sobre a presença e ocorrência de diversos tipos de animais vertebrados e invertebrados, além de vegetais (DONALD, 2004).

O uso de Diversidade Arbórea como instrumento no manejo agrícola é citado por diversas comunidades indígenas na América e África, no entanto estudos que aprofundem as formas e usos desta, e seus efeitos de forma clara são ainda incipientes dentro do campo da ciência, que historicamente guarda grande dificuldade em absorver e utilizar os conhecimentos tradicionais de comunidades com diferentes paradigmas de interpretação científica (DAKOH, 2003).

A utilização de conhecimentos tradicionais populares e indígenas pode ser uma estratégia para enfrentar os novos desafios de aumentar a produção agrícola e gerenciar o meio ambiente de forma sustentável. (DAKOH, 2003).

A Biodiversidade Florestal sofre intenso processo desde a colonização do Brasil de perda gradativa, tanto em espaço ocupado quanto em qualidade e riqueza de composição (PRIMACK & RODRIGUES, 2001).

Um levantamento feito na região de Piracicaba sobre o tamanho e localização dos fragmentos florestais na região aponta que a grande maioria destes tem tamanho inferior a 10 hectares, sendo que os grandes fragmentos acima de 40 hectares correspondem a 24% de toda a área sob cobertura florestal na região (VIANA & PINHEIRO, 1998).

Em áreas agrícolas de uso intensivo e histórico, como a região de Piracicaba entre muitas outras, podemos notar que a qualidade ou diversidade arbórea dos fragmentos florestais de maneira geral está muito impactada, ou seja, ou é muito baixa ou insuficiente para se considerar esta área rica em relação à sua diversidade de espécies. (KAGEYAMA et al., 1994).

A restauração ecológica é indicada como estratégia para a restauração de serviços ecológicos, porém estes podem levar um considerável espaço de tempo para se reimplementar e podem não ser restaurados em sua plenitude. Mesmo assim, estudos mostram que os benefícios da restauração podem superar seus custos (ALMEIDA, 2016).

Alguns diversos benefícios que o componente florestal traz aos cultivos podem ser mencionados, como aumento de umidade relativa dos agroecossistemas, contenção a

processos erosivos e controle de algumas doenças agrícolas, sendo que especificamente sua função no controle de pragas ainda é pouco estudada e divulgada (ALTIERI, 1998; TOMAS et al., 2009; LOPES, 2014).

1.1.4 Agroecologia

Existem evidências experimentais sugerindo que a biodiversidade pode ser usada para melhorar o manejo de pragas nos agroecossistemas. Estudos demonstram que é possível estabilizar as populações de insetos nos agroecossistemas mediante o desenho e a construção de arquiteturas vegetais que mantenham as populações de inimigos naturais ou que possuam efeitos dissuasivos diretos sobre os herbívoros pragas (ALTIERI; NICCHOLS, 2000).

O manejo de agroecossistemas permite exercer mudanças na diversidade de habitat que favoreçam a abundância de inimigos naturais e sua efetividade, provendo hospedeiros ou presas alternativas em períodos de escassez da praga; provendo alternativas de alimentação (pólen e néctar) para os parasitoides e predadores adultos; mantendo populações da praga em níveis aceitáveis por períodos extensos de maneira a assegurar a sobrevivência contínua dos insetos benéficos (ALTIERI; NICCHOLS, 2000).

Baseado nas teorias ecológicas e agrônômicas é esperado menor potencial de pragas em agroecossistemas que exibam alta diversidade através de consórcios de plantas no tempo e no espaço; rotação de culturas; uso de variedades com tempos de maturação diferentes; uso de períodos sem cultivo; áreas pequenas e dispersas em mosaico intercalada com áreas não cultivadas que proporciona alimento e abrigo para os inimigos naturais; propriedades com dominância de cultivos perenes e alta diversidade genética (variedades diferentes) dentro do mesmo cultivo (ALTIERI; NICCHOLS, 2000).

Este conjunto de características elencado é uma situação ideal do ponto de vista agroecológico e da sustentabilidade. A partir dessa perspectiva, o planejamento do uso da terra para produção agrícola que busque sustentabilidade deve considerar a adoção do maior número possível dessas características positivas.

É necessário favorecer os processos que contribuem para o funcionamento dos agroecossistemas, entre eles: o controle natural de insetos-praga; a otimização da produção de biomassa, decomposição da matéria orgânica e ciclagem de nutrientes; conservação do solo, da água, da biodiversidade e aumento da sustentabilidade da produção de bens e serviços (ALTIERI; PONTI; NICCHOLS, 2007).

A regulação de pragas mediante a estimulação de agentes de controle biológico através da manipulação da biodiversidade e pela introdução e conservação dos inimigos

naturais é componente básico de um agroecossistema sustentável (ALTIERI; NICCHOLS, 2000).

A integração bem-sucedida entre plantas e animais pode reforçar interações ecológicas positivas e otimizar as funções e os processos no ecossistema, tais como a regulação de organismos prejudiciais, a reciclagem de nutrientes, a produção de biomassa e o incremento de matéria orgânica (ALTIERI; PONTI; NICCHOLS, 2007).

Para favorecer a estabilidade e resiliência dos agroecossistemas, as práticas de manejo ecológico devem contribuir para aumentar o número de espécies de plantas e de variedades no tempo e no espaço; estimular o desenvolvimento da biodiversidade funcional (por exemplo, inimigos naturais); aumentar a matéria orgânica e a atividade biológica do solo; aumentar a cobertura do solo e a capacidade competitiva dos cultivos; e remover insumos e resíduos tóxicos (ALTIERI; PONTI; NICCHOLS, 2007).

Estratégias que proporcionam alimento (pólen e néctar) e abrigo para os predadores e parasitoides e aumentam a diversidade e número de inimigos naturais contribuem para otimizar a regulação de insetos-praga. Nesse sentido, são algumas dessas estratégias: o manejo da vegetação nas áreas circundantes, de forma a fornecer alimento e abrigo a organismos benéficos; o estabelecimento de corredores vegetais interligando matas ou áreas de vegetação natural; e a manutenção de faixas de vegetação espontânea nas áreas de cultivo, cujas flores atendam às necessidades dos organismos benéficos (ALTIERI; PONTI; NICCHOLS, 2007).

Podemos classificar a biodiversidade nos agroecossistemas em dois tipos. O primeiro, chamado de biodiversidade planejada, inclui a própria cultura e outras plantas que crescem como cultivos de cobertura ou as faixas de plantas espontâneas. O segundo tipo, chamado de biodiversidade associada, inclui toda a flora e fauna que vêm dos ambientes circundantes (matas, cercas-vivas, etc.) para viver na área cultivada. Dessa forma, a abundância e diversidade de insetos benéficos em uma área cultivada dependem da diversidade de plantas na vegetação do entorno (ALTIERI; PONTI; NICCHOLS, 2007).

O cultivo de cercas vivas no entorno dos agroecossistemas, a restauração da mata ciliar e o plantio de faixas arborizadas pode auxiliar o controle de pragas. As cercas vivas adensadas e as faixas arborizadas também podem abrigar ou atrair pássaros que se alimentam de insetos-praga. Por tanto, manter altos níveis de diversidade de plantas deve ser a prioridade número um para o manejo integrado de pragas e doenças (DUBOIS, 2008).

1.1.5 A cultura da cana-de-açúcar

A cana-de-açúcar é uma gramínea perene, pertencente ao gênero *Saccharum* spp., com evidências de que as espécies que deram origem aos cultivares de cana-de-açúcar atuais sejam oriundas do sudeste asiático (CASA DA TERRA, 2015, MALAVOLTA et al., 1964).

No século XI e XII a.C., na Índia, os persas, seguidos dos gregos, descobriram a cana-de-açúcar, e passaram a cultivá-la, tornando-a uma grande cultura, sendo que alguns comerciantes começaram a negociar esta espécie como tempero raro e caro (CASA DA TERRA, 2015).

A cana-de-açúcar ainda desconhecida no Ocidente, obteve atenção de alguns generais de Alexandre, o Grande, em 327 A. C., e após esse período, no século XI, durante as cruzadas (MACHADO, 2012).

Os árabes, em sua história de conquistas, introduziram o cultivo da cana no Egito, por volta do século X, levando esta espécie, pelo mar Mediterrâneo, para Chipre, Sicília e Espanha.

Acredita-se que devido ao domínio da química, pelos egípcios, estes tenham conseguido fazer a clarificação do caldo da cana-de-açúcar, por um processo mais rústico que o utilizado atualmente, mas obtendo um açúcar de alta qualidade para a época.

O açúcar era consumido por reis e nobres na Europa, sendo que esse açúcar era advindo de mercados monopolistas, que mantinham relações comerciais com o Oriente, local onde era produzido.

Assim, Portugal, devido à sua posição geográfica, era passagens para os navios carregados de mercadorias. Desse modo, houve o estímulo da introdução da cana-de-açúcar na Ilha da Madeira, sendo este local o laboratório para a cultura da cana e de produção de açúcar.

Cristóvão Colombo, em sua segunda viagem ao continente americano, em 1493, introduziu o plantio de cana-de-açúcar onde é hoje a República Dominicana. No Brasil, esta cultura foi introduzida por Martim Affonso de Souza, em 1532, iniciando o cultivo na capitania de São Vicente. Entretanto, os engenhos de açúcar foram mais utilizados nas capitanias de Pernambuco e Bahia. Após um período de implantação da cana no Brasil, este passou a monopolizar a sua produção e comercialização para toda a Europa

A partir do século VIII, as ilhas do Caribe e as Antilhas, começaram a disputar com o Brasil lugar no comércio de açúcar. Os ingleses, em 1760, tomaram Cuba dos espanhóis e começaram a produzir açúcar neste país, como também houve, em 1791, um crescimento da produção de açúcar norte-americana.

Enquanto isso, na Europa, foi produzido açúcar a partir da beterraba e não mais da cana-de-açúcar, sendo que após a descoberta do açúcar advindo da beterraba, os norte-

americanos também passaram a produzi-lo. Assim, todos esses acontecimentos fizeram com que o Brasil não fosse mais o principal produtor de açúcar no mundo.

Em 1857, Dom Pedro II, um apoiador de novas tecnologias, elaborou um programa de modernização da produção de açúcar no Brasil, sendo que a maioria das novas indústrias foram instaladas em São Paulo e no Nordeste. Com a Primeira Guerra Mundial, a produção de açúcar na Europa foi devastada, aumentando o preço do produto, o que ocasionou um aumento das usinas de açúcar no Brasil, principalmente em São Paulo, a onde os fazendeiros, produtores de café, queriam diversificar sua produção.

No final do século XIX, o Brasil estava no auge da sua produção de café, e devido à abolição da escravidão, o governo incentivou a vinda de imigrantes europeus, principalmente italianos, para as fazendas de café, para suprir a demanda de produção. Desse modo, muitos desses imigrantes obtiveram terras no Brasil e começaram a produzir aguardente a partir da cana-de-açúcar. Assim, muitos engenhos começaram a se estabelecer nas regiões de Campinas, Itu, Moji-Guaçu e Piracicaba.

Na entrada no século XX, Piracicaba, cuja região possuía três dos maiores Engenhos Centrais do estado e usinas de cana de porte, logo se tornou o maior centro de produção de açúcar de São Paulo. Em 1910, Pedro Morganti, os irmãos Carbone e outros pequenos refinadores formaram a Cia. União dos Refinadores, uma das primeiras refinarias de grande porte do Brasil.

Já em 1920, Mario Dedini, fundou, em Piracicaba, uma oficina mecânica, que se transformaria posteriormente na primeira fábrica de equipamentos para a produção de açúcar no Brasil.

Essa expansão da produção de açúcar também ocorria no Nordeste, principalmente em Pernambuco e Alagoas, sendo que as usinas nordestinas eram responsáveis por toda a exportação brasileira e ainda supriam a demanda dos estados no sul do país. Desse modo, a produção do Nordeste, juntamente com a de Campos, no norte fluminense, e as usinas de São Paulo, acarretaram uma preocupação de haver uma superprodução de açúcar. Assim, surgiu a IAA – Instituto do Açúcar e Alcool – a fim de controlar essa superprodução, criado pelo governo de Getúlio Vargas, em 1933.

O IAA funcionava com um sistema de cotas, em que ele estabelecia para cada indústria a quantidade de cana a ser moída, como também a produção de açúcar e álcool. Para que houvesse aquisição de novos equipamentos e para a manutenção dos antigos, o IAA também deveria autorizar.

Devido às constantes mudanças nas cotações do açúcar no mercado internacional, a Coopersucar, que é uma cooperativa fundada em 1959, por centenas de produtores paulistas para a defesa dos preços do açúcar na comercialização, começou uma procura por novas tecnologias para o setor açucareiro.

Essa entidade, juntamente com o IAC (Instituto Agronômico de Campinas) e a IAA, criaram o Programa Nacional de Melhoramento de Cana-de-Açúcar – Planalsucar, sendo responsáveis pelo avanço no setor de variedades mais resistentes da cana contra pragas e doenças, dando início ao controle biológico de praga.

Com este período de inovação, ocorreu uma elevação do preço do açúcar no mercado internacional, o que permitiu que o IAC criasse o Fundo para o Programa de Apoio à Agroindústria Açucareira - Funproçucar, a qual financiou em, 1973, a modernização das indústrias juntamente com a remodelagem das usinas de açúcar. Desse modo, o Brasil conseguiu passar pela crise do Petróleo que se seguiram a partir de 1973, com a utilização do Proálcool. Este programa, criado para incentivar a produção e utilização do álcool como combustível, alavancou as novas regiões produtoras de cana como Paraná, Goiás, Mato Grosso e Mato Grosso do Sul (ÚNICA, 2019)

A cana-de-açúcar tem grande importância econômica para o Brasil, que lidera a lista dos 80 países produtores com 25% da produção mundial. No país, são cultivados mais de 9,7 milhões de hectares, nos quais, na safra 2014/2015, foram produzidas mais de 632 milhões de toneladas de cana-de-açúcar, sendo que na região Centro-Sul foram produzidas 571 milhões de toneladas (UNICA, 2019).

No período entre 1980 e 2015, a área de cana-de-açúcar cultivada no Brasil aumentava de 2,8 milhões em 1980 para 10,9 milhões de ha em 2015, um crescimento de 293% em 35 anos. O crescimento na área cultivada ocorreu gradativamente ao longo do período, com maior amplitude entre 2004 e 2013, quando a área cultivada passou de 5,6 milhões de ha para 10,2 milhões de hectares (UNICA, 2015).

No intervalo entre 1990 e 2006, na região Sudeste, a área colhida de cana-de-açúcar aumentou 66,8% e a quantidade produzida teve acréscimo de 92,3%, por diferença da produtividade da região que no período aumentou 25,5% (GARAGORRY et al., 2010).

A quantidade produzida de cana-de-açúcar no Brasil é bastante concentrada, devido à participação do Estado de São Paulo, que produz mais da metade do total brasileiro (UNICA, 2015).

Estudando a expansão da cana-de-açúcar para produção de etanol no estado de São Paulo usando dados do satélite Landsat no período entre 2003 e 2008, estes mostraram que a expansão foi dramática devido à crescente demanda de etanol a partir de 2003, quando começaram a entrar no mercado, automóveis com motores bicombustíveis. A expansão da cana-de-açúcar no período saltou de 2,57 milhões de hectares em 2003 para 4,45 milhões de hectares em 2008. A maioria da ampliação dos canaviais ocorreu sobre áreas de pastagens e de culturas anuais, em proporções mais ou menos semelhantes (RUDORFF et al., 2010).

A área plantada com cana-de-açúcar no Estado de São Paulo teve nos últimos 36 anos um aumento exponencial, passando de 1 milhão de ha em 1980 a 5,7 milhões de hectares

em 2015. O maior incremento em área plantada foi observado no período entre 2004 e 2013, quando a área ocupada aumentou de 3 milhões para 5,4 milhões de hectares, um crescimento de 426% (UNICA, 2015).

Em um estudo sobre as alterações no uso e cobertura das terras no nordeste do Estado de São Paulo no período de 1988 a 2003 com base em imagens orbitais, abrangendo 125 municípios em uma área de 51,65 mil km², ou 5,165 milhões de hectares, foram definidas 14 classes de uso do solo. Entre 1988 e 2003, as áreas ocupadas com cana-de-açúcar na região estudada foram ampliadas em mais de 100% e esse aumento ocorreu principalmente à custa da redução das áreas de culturas anuais e de pastagens que encolheram, no período avaliado, 680 mil e 610 mil hectares, respectivamente (QUARTAROLI et al., 2006).

Na Região Administrativa de Campinas a área de cana-de-açúcar evoluiu de 394 mil ha na safra 03/04 para 538 mil ha na safra 09/10. Na safra 12/13 a área cultivada foi de 531 mil ha. A participação média do município de Piracicaba nesta região que contempla 90 municípios, foi de 10% da área cultivada.

No âmbito do Escritório de Desenvolvimento Rural de Piracicaba que congrega 16 municípios, a área de cana-de-açúcar foi ampliada de 144 mil ha na safra 03/04 para 176 mil ha na safra 09/10. Na safra 12/13 a área cultivada foi de 171 mil ha. A participação do município de Piracicaba no conjunto dos municípios de sua abrangência, representa 29% da área ocupada pela cultura.

Nos últimos dez anos, a área cultivada com cana-de-açúcar no município de Piracicaba passou de 40 mil ha na safra 2003/04 para 52,4 mil ha na safra 09/10. Na safra 13/14 a área ocupada pela cultura sofreu pequena retração atingindo 49,9 mil ha (INPE, 2015).

Existe hoje um aumento da demanda social de produtos do setor canavieiro, com ênfase no etanol e no açúcar além de outros produtos como álcool e demais, sendo que os indicadores de oferta de áreas para cultivo são limitados bem como a necessidade de se ampliar qualidade e índices de produtividade é uma tendência de mercado no setor, isto demonstra a necessidade de estratégias e pesquisas que possam contribuir nestas frentes de demanda do setor produtivo (ALENCAR, 2012).

Além de ser um cultivo tradicional em solos brasileiros e principalmente na região de Piracicaba, onde esta data da primeira metade do século XIX, a cultura da cana-de-açúcar hoje conta com grandes centros de estudo e pesquisa que auxiliam tanto o desenvolvimento de cultivares adaptados bem como pesquisas diversas neste segmento de cultivo (EMERICK; BERNARDETTI, 2010).

Atualmente a produção em toneladas de cana-de-açúcar no Brasil encontra-se em leve declínio em relação aos últimos 5 anos, atingindo nesta safra (2018/19) os patamares dos anos de 2009/10, em torno de 603 a 607 mil toneladas moídas (MAPA, 2019).

A safra histórica mais produtiva do Brasil ocorreu durante o ano de 2015/16 com o patamar de 666 mil toneladas moídas (MAPA, 2019).

1.2. Hipótese e justificativas

Este trabalho teve como hipótese central a possibilidade do uso de fragmentos florestais com alto grau de conservação e presença de diversidade arbórea rica como ferramenta e estratégia viável no manejo de pragas e doenças agrícolas na cultura da cana-de-açúcar.

Estudos realizados em diversas partes do mundo, demonstram o papel que o componente florestal pode ter no suporte a populações dos diversos reinos vivos (ALTIERI; NICCHOLS, 2000, ALTIERI, 1994).

As razões possíveis para isto seria a maior população de insetos predadores e parasitoides carnívoros presentes em ambientes florestais, bem como um diferencial na oferta de alimentos e condições ecológicas para a reprodução e segurança de indivíduos fitófagos pragas de culturas agrícolas que possuem um alto grau de especialização e adaptação ao ambiente e alimentos necessários para manter seu ciclo de vida.

Em relação as doenças, o papel regulador de florestas pode estar na manutenção de condições de umidade, na oferta de matéria orgânica diversificada e no auxílio à estrutura e drenagem em ambientes muito próximos deste componente, trazendo maior possibilidade de regulação ecológica nos fragmentos e suas bordas.

Os serviços ecossistêmicos dos fragmentos florestais tropicais e subtropicais devem ser melhor estudados pois a oferta de alimentos para insetos fitófagos é presente praticamente o ano todo e os processos ecológicos ligados a interação entre insetos-praga da agricultura e os insetos presentes em ambientes florestais ainda é pouco conhecida.

É crescente os prejuízos dos cultivos de cana-de-açúcar com o aumento da ocorrência de pragas e doenças nos canaviais.

Áreas em abandono pela agricultura, áreas degradadas e fragmentos florestas degradados e com baixos índices de diversidade arbórea, normalmente são associados a ambientes considerados zonas de refúgio para insetos-praga, por possuir oferta de alimentos e esconderijos para manter processos reprodutivos (ALTIERI, 1994).

Atualmente entre os agricultores e canavieiros as matas são muitas vezes consideradas como áreas de refúgio de pragas agrícolas. No entanto tais fragmentos citados são muitas vezes degradados quanto à sua diversidade original e, portanto, prejudicados quanto a sua funcionalidade.

Pesquisadores consideram que a eficiência da preservação e integração da biodiversidade no processo de reciclagem de nutrientes e de estabilidade frente ao ataque de pragas depende do tipo de biodiversidade presente (ALTIERI, 1994).

Fragmentos florestais que recebem manejo e são enriquecidos apresentam maior nível de sustentabilidade do que áreas de florestas com impactos de borda, isoladas e sem manejo (VIANA & PINHEIRO, 1998).

Este estudo demonstra a funcionalidade ecossistêmica que uma área de Floresta Atlântica, considerada rica e bem conservada, pode exercer sobre cultivos agrícolas de cana-de-açúcar no que se refere ao manejo de pragas e doenças.

Os efeitos notados podem auxiliar a valorização das áreas de conservação em propriedades rurais, como a Reserva Legal e as Áreas de Preservação Permanente, assim como contribuir para a conservação e restauração de fragmentos florestais.

Esta funcionalidade pode ser incorporada como parte integrante do Manejo Integrado de Pragas – MIP, e ser utilizada no manejo agrícola de pragas e doenças diminuindo o uso de agrotóxicos na agricultura e sendo mais amigável com o meio ambiente.

2. OBJETIVOS

Objetivo Geral:

Demonstrar que as florestas nativas com bons índices diversidade arbórea apresentam-se como macro instrumento no manejo para o controle de pragas e doenças em cana-de-açúcar e possivelmente em demais grandes cultivos agrícolas.

Objetivos específicos:

Demonstrar através do monitoramento sistemático de uma área com os requisitos de conservação e agrícolas desejados a ocorrência de pragas e doenças ao longo de um período de dois anos.

Buscar implementar diferentes métodos de análise e reconhecimento dos indicadores buscados com estratégias viáveis em condições de campo para execução dos trabalhos.

Acompanhar o manejo e as alterações climáticas e ambientais na região durante o período de condução do projeto.

Monitorar o manejo agrícola e sincronizar as atividades do projeto com as ações das equipes de trabalho com a cana-de-açúcar nas áreas acompanhadas.

3. MATERIAL E MÉTODOS

3.1. Desenho experimental e local:

Em cima da hipótese central desta tese foi feito um esforço inicial em selecionar um ambiente e uma situação que pudessem corresponder às demandas e características desejadas nesta pesquisa.

No município de Mombuca, região de Piracicaba – SP, foi identificado um fragmento florestal com as características que poderiam contemplar as premissas levantadas pela hipótese central da pesquisa (Figura 1).

Este fragmento florestal é inteiramente cercado por cultivos de cana de açúcar o que permitiu que fosse feito um delineamento amostral monitorado de forma sistemática.

Denominado de Mata do Pinheirinho, tal fragmento é inteiramente cercado por talhões de cana-de-açúcar (Figura 2).

A escolha deste local se deu pelo fato de possuir uma formação florestal considerada conservada apesar dos efeitos de borda visíveis e das perdas significativas em qualidade que muitos fragmentos do estado de São Paulo sofreram ao longo dos anos (FENGLER, 2014).

Este fragmento é considerado por moradores e técnicos locais como um dos maiores e mais bem conservado da região devido a presença de indivíduos representantes de diversas famílias vegetais arbóreas do Bioma Mata Atlântica e que hoje se encontra cercado de cultivos de cana-de-açúcar (GUADAGMIN, 2006).



Figura 1. Mapa e perímetro do município de Mombuca- SP. Fonte: Google Maps, 2018.



Figura 2. Vista de satélite da mata do Pinheirinho e entorno. Fonte: Google Earth, 2018.

3.2. Abordagem metodológica

Diversos fatores podem influenciar a ocorrência de insetos praga e doenças em um cultivo agrícola, como a climatologia, as variedades de cultivares, os solos, o manejo agrícola entre outros (TOKESHI, 2002).

Esta pesquisa foi conduzida em campo em condições reais. Os elementos estudados como centrais na tese são a diversidade arbórea e a ocorrência de pragas ou doenças na cana-de-açúcar. Para tal devemos considerar a elevada gama de fatores que podem agir como elementos de interação e até de interferência na pesquisa.

Os fatores que podem interferir na obtenção dos dados em campo sobre insetos e doenças em pesquisas são complexos e diversos como por exemplo de solos, climáticos, sociais, de manejo, entre outros.

Para observar os indicadores buscados por esta tese, que são as pragas e doenças na cultura da cana-de-açúcar, foram elencados os seguintes dados como sendo de essencial caracterização para a validação e mensuração das probabilidades de interferência ao longo da área e período do experimento.

Clima: caracterização, temperatura média e precipitação

Solos: caracterização físico-química (nível de compactação, pH, V%, teor de argila, areia e matéria orgânica).

Manejo e fisiologia da planta cultivada: Por ser um cultivo semi-perene, a cana-de-açúcar tem um prazo para ser plantada e colhida pois seu ciclo de vida possui um limite produtivo e um conseqüente decréscimo de seu vigor, que caminha desde seu primeiro ano até o último ano de cultivo.

Tal estratégia de verificar em condições reais de cultivo a hipótese central da pesquisa, aponta para uma necessidade real de como se mostram na prática os sistemas agrícolas.

Previamente ao início dos trabalhos de campo buscou-se referências bibliográficas de outros trabalhos científicos de levantamentos fitossociológicos realizados no local. Foram encontrados poucos documentos relativos à Mata do Pinheirinho, sendo que um levantamento botânico ou fitossociológico de suas espécies arbóreas era inexistente.

Tal constatação de ausência bibliográfica demonstrou a necessidade de se fazer um trabalho de campo no sentido de identificar esta diversidade arbórea local.

Para se acompanhar ou caracterizar os fatores ambientais elencados nesta pesquisa foi feito um esforço inicial em se buscar qual a metodologia de coleta de dados mais indicada para cada elemento a ser analisado.

Para cada meio a ser diagnosticado foi necessário utilizar um método específico de coleta de amostras para cada indicador.

A diversidade arbórea presente no fragmento florestal foi determinada a partir de coletas de campo e identificação em laboratórios.

Os dados relativos a solos foram obtidos a partir de coletas com trados nos talhões de cana-de-açúcar ao redor do fragmento florestal a uma distância de até 300 metros a partir da borda deste.

Os dados de manejo agrícola e meteorológicos foram obtidos a partir de levantamentos bibliográficos em laboratórios e junto a técnicos locais.

A distância da Mata do Pinheirinho para outros fragmentos florestais foi um dos elementos analisados devido ao fato de que alguns dos pontos elencados como importantes para a comparação dos dados obtidos devessem estar há, pelo menos, 300 metros de distância de qualquer fragmento florestal bem como os pontos distantes das áreas elencadas para coleta de dados da pesquisa.

O que interessa para os processos de regulação é diversidade biológica total, mas devemos considerar que um levantamento envolvendo toda a biodiversidade de ecossistema, sua interação e demais fatores influenciáveis, é algo, sob as condições técnicas atuais, considerado muito difícil.

Portanto, para a mensuração da diversidade de um determinado ambiente, podemos considerar a presença das espécies mais sensíveis de um dado local, utilizando-as como indicadores da diversidade total que estaria contida neste ambiente. Esta projeção estimada é devido à necessidade de suporte que outras espécies necessitam e que são dadas por estas espécies chaves ou indicadoras.

Utilizamos, portanto, as espécies arbóreas como indicadoras da diversidade vegetal da Mata do Pinheirinho. Estas espécies possuem uma diversidade interna, suas comunidades podem ser indicadoras de qualidade e conservação de uma determinada população de árvores em um fragmento florestal (GANDARA; KAGEYAMA, 1998; ILEX, 2016).

As metodologias adotadas para os levantamentos diversos e os resultados obtidos por esta pesquisa estão descritos nos capítulos seguintes.

REFERÊNCIAS

- ALENCAR, K. **Análise do balanço entre demanda por etanol e oferta de cana-de-açúcar no Brasil**. Dissertação (Mestrado em Economia) - Escola de Economia de São Paulo. Fundação Getúlio Vargas. Universidade de São Paulo, 2012. P. 49. 2012.
- ALFAIA, S. S.; SILVA, N. M.; UGUEN, K.; NEVES, A. L.; DUPIN, B. **Pesquisa participativa para a recuperação da produtividade de Sistemas agroflorestais na Amazônia Ocidental: O caso do projeto RECA**. Nova Califórnia, Rondônia. Manaus – AM, In: Porro R (ed) Alternativa Agroflorestal na Amazônia em Transformação. Embrapa Informação Tecnológica, Brasília, p. 781 – 803, 2000.
- ALMEIDA, D. S. de. **Recuperação ambiental da mata atlântica**. 3rd ed. Ilhéus, Editus, p. 130, 2000.
- ALTIERI, M.; NICCHOLS, C.I. **Agroecología: Teoría y práctica para una agricultura sustentable** 1ª Ed. México – PNUMA. 2000. 242p.
- ALTIERI, M.A.; PONTI, L.; NICCHOLS, C.I. Manejando insetos-praga com a diversificação de plantas. **Agriculturas**, v. 4, p. 20-23, 2007.
- ALTIERI, M. A. **Biodiversity and pest management in agroecosystems**. New York Food Products Press: c 1994.
- ALTIERI, M.A. **Agroecologia: a dinâmica produtiva da agricultura sustentável**. Porto Alegre: Ed. UFRGS, p. 110, (Síntese Universitária, 54), 1998.
- BEIERKUHNLEIN, C.; NESSHÖEVER, C. **Biodiversity experiments—artificial constructions or heuristic tools?** In: Progress in Botany. (Genetics Physiology Systematics Ecology), v. 67, Springer, Berlin, Heidelberg, p. 486–535, 2006.
- BENAYAS, J. M. R; BULLOCK, J. M. **Restoration of Biodiversity and Ecosystem Services on Agricultural Land**. Ecosystems, v. 15, p. 883–899, 2012.
- BIASI, R.; BRUNORI, E.; SMIRAGLIA, D.; SALVATI, L. **Linking traditional tree-crop landscapes and agrobiodiversity in central Italy using a database of typical and traditional products: a multiple risk assessment through a data mining analysis**. Biodivers Conserv, v. 24, p. 3009–3031, 2015.
- BOLLER E.F., GUT D., REMUND U. **Biodiversity in Three Trophic Levels of the Vineyard Agro-Ecosystem in Northern Switzerland**. In: Dettner K., Bauer G., Völkl W. (eds) Vertical Food Web Interactions. Ecological Studies (Analysis and Synthesis), vol 130. Springer, Berlin, Heidelberg, 1997.
- BRASIL, Casa Civil. **LEI Nº 12.651, DE 25 DE MAIO DE 2012**. Disponível em: http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/_ato2011-2014/2012/lei/l12651.htm. Acesso em 09 ago. 2015.

- CASA DA TERRA. Site da Cachaça. **Origem da cana-de-açúcar**. 2015. Disponível em: <http://www.sitedacachaca.com.br/origem-da-cana-de-acucar/>. Acesso em 04 jun. 2018.
- COSTA, A. M.; SPEHAR, C. R.; SERENO, J. R. B. **Conservação de Recursos Genéticos no Brasil**. EMBRAPA, p. 628, Brasília – DF, 2012.
- DAKOH M.B.K. **Agriculture and Biodiversity Conservation in Africa Through Indigenous Knowledge**. In: Lemons J., Victor R., Schaffer D. (eds) *Conserving Biodiversity in Arid Regions*. Springer, Boston, MA. 2003.
- DEAN, W. **A ferro e fogo: a história e a devastação da Mata Atlântica brasileira**. 1. ed. São Paulo: Cia. das Letras, p. 484, 2004.
- DONALD, P. F. **Biodiversity Impacts of Some Agricultural Commodity Production Systems**. *Conservation Biology*, v. 18, p. 17–38, 2004.
- DUBOIS, J.C.L. Classificação e breve caracterização de SAFs e práticas agroflorestais. In MAY, P. H.; TROVATTO, C.M.M. (Coord.) **Manual Agroflorestal para a Mata Atlântica**. Brasília, MDA. 2008. 195 p.
- DURU, M.; THEROND, O.; MARTIN, G.; MARTIN-CLOUAIRE, R.; MAGNE, M.; JUSTES, E.; JOURNET, E.; AUBERTOT, J.; SAVARY, S.; BERGEZ, J.; SARTHOU, J. P. **How to implement biodiversity-based agriculture to enhance ecosystem services: a review**. *Agronomy for Sustainable Development*, v. 35, p. 1259–1281, 2015.
- EMERICK, L. P.; BERNARDETTI, N. A. **GÊNESE INDUSTRIAL DO MUNICÍPIO DE PIRACICABA – SP**. Anais do XVI encontro Nacional dos Geógrafos, Eng. Porto Alegre, 2010.
- FARINACI, J. S.; BATISTELLA, M. **Variação na cobertura vegetal nativa em São Paulo: um panorama do conhecimento atual**. *Revista Árvore*, v.36, p. 695-705, 2012.
- FAUSTO, Boris. **Brasil e Argentina: um ensaio de história comparada, 1850-2002**. In: HISTÓRIA DO BRASIL História do Brasil cobre um período de mais de quinhentos anos, desde as raízes da colonização portuguesa até nossos dias. Editora 34, Edusp, p. 89, 2004.
- FENGLER, F. H. **Qualidade ambiental dos fragmentos florestais na bacia hidrográfica do rio Jundiá Mirim**. Dissertação (Mestrado em Gestão de Recursos Agroambientais) - IAC, p. 111. 2014.
- FGV. **A Revolução Verde**. Agroanalysis. Na revista de agronegócio da FGV, n.1, v. 26, p. 45/46, 2006.
- FURTADO, E. L.; KAGEYAMA, P. Y.; SOUZA, A. D.; COSTA, J. D. **Ilhas de alta produtividade (iap) uma alternativa para aumentar a produtividade das reservas extrativistas**. Congresso Brasileiro de Fitopatologia (29. 1996 Campo Grande), v. 21, p.434, 1996.

- GARAGORRY, F.L.; da Silva, J. E.; de Souza, M. O.; Filho, H. C.; Filho, R. C. P. **Concentração e dinâmica de 15 produtos agroenergéticos no período de 1990 a 2006 - Brasília, DF: Embrapa Agroenergia, Documentos 04 / Embrapa Agroenergia.** p. 191, 2010.
- GANDARA, F. B. & KAGEYAMA, P. Y. Indicadores de sustentabilidade de Florestas Naturais. IPEF. SÉRIE TÉCNICA IPEF v. 12, n. 31, p. 79-84, abr., 1998. Disponível em: <http://www.lcb.esalq.usp.br/publications/articles/1998/1998stiv12n31p79-84.pdf>.
- GUADAGMIN, R. **Conservação do Fragmento Florestal da Mata do Pinheiro: Aspectos Legais e Ambientais.** Monografia de conclusão de curso apresentada à coordenação do curso de Especialização em Gerenciamento Ambiental. p. 34, Piracicaba. 2006.
- HARVEY, C. A.; KOMAR, O.; CHAZDON, R.; FERGUSON, B. G.; FINEGAN, B.; GRIFFITH, D. M.; MARTÍNEZ-RAMOS, M.; MORALES, H.; NIGH, R.; SOTO-PINTO, L.; VAN BREUGEL, M.; WISHNIE, M. **Integrating Agricultural Landscapes with Biodiversity Conservation in the Mesoamerican Hotspot.** Conservation Biology, v. 22, p. 8–15, 2008.
- KANEKO, F. H.; TARSITANO, M. A. A.; RAPASSI, R. M. A.; CHIODEROLI, C. A.; NAKAYAMA, F. T. **Análise econômica de cana-de-açúcar considerando-se a terceirização das operações agrícolas: o caso de um produtor.** Pesquisa Agropecuária Tropical, v. 39, p. 266-270, 2009.
- ILEX. C. C. **Sistema de monitoramento da biodiversidade.** Consultor técnico Eduardo Vélez Martin. - 1ª. Ed. - Porto Alegre: Fundação Estadual de Proteção Ambiental Henrique Luiz Roessler; Secretaria do Ambiente e Desenvolvimento Sustentável. 63p. 2016.
- INPE 2015 – Canasat – **Monitoramento da cana-de-açúcar via imagens de satélite.** Disponível em: <http://www.dsr.inpe.br/laf/canasat/>. Acesso em 01 set. 2015.
- LEWIS, Michael. **Wilderness and Conservation Science.** In: LEWIS, Michael (edited by). American Wilderness: A New History. New York: Oxford University Press, 2007, p. 205-261.
- LOPES, P. R. **A biodiversidade como fator preponderante para a produção agrícola em agroecossistemas cafeeiros sombreados no Pontal do Paranapanema.** Tese (Doutorado em Ecologia Aplicada). Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz” – Universidade de São Paulo, 2014.
- KAGEYAMA, P.; SANTARELLI, E.; GANDARA, F. B.; GONÇALVES, J. C.; SIMIONATO, J. L.; ANTIQUEIRA, L. R.; GERES, W. **Revegetação de Áreas Degradadas: Modelos de Consorciação com Alta Diversidade.** In: Simpósio Sul Americano. Simpósio Nacional de Recuperação de Áreas Degradadas, 1994, Foz do Iguaçu, Curitiba. v. 2, p. 569-576, 1994.
- KAGEYAMA, P. Y. **Sistemas Agroflorestais e Áreas de Preservação Permanente, Reunião na Secretaria Estadual do Meio Ambiente – CETESB.** Disponível em http://sigam.cetesb.sp.gov.br/sigam2/Repositorio/222/Documentos/%20Sistemas%20Agroflorestais/20073_SAFAPP_Kageyama.pdf. Acesso em abr. 2017.

- MACHADO, F. B. P. **A História da Cana-de-açúcar - Da Antiguidade aos Dias Atuais.** UDOP (União dos Produtores de Biotecnologia), 2012. Disponível em: <<http://www.udop.com.br/index.php?item=noticias&cod=993>>. Acesso em: 04 jun. 2018.
- MALAVOLTA, E. et al. **Cultura e Adubação da cana-de-açúcar.** São Paulo: Instituto Brasileiro de Potassaio, 1964.
- Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento - MAPA. Produção Brasileira de Cana de Açúcar. Departamento de Café, Cana-de-açúcar e Agroenergia. Disponível em: http://portaludop.com.br/download/estatistica/acucar_producao/21mai18_producao_sucroalcooleira_brasil.pdf. 2018. Acesso em 12 jan. 2019.
- MATOS, P. F.; PESSÔA, V. L. S. **A Modernização da agricultura no Brasil e os Novos Usos do Território.** Geo UERJ, v. 2, p. 290-322, 2011.
- MOTTA, J. F. **Escravos daqui, dali e de mais além: o tráfico interno de cativos em Constituição (Piracicaba), 1861-1880.** Revista Brasileira de História [online]. v.26, n.52, p. 15-47, 2006.
- MYERS, N. **The Sinking Ark: A New Look at the Problem of Disappearing Species.** Oxford, United Kingdom: Pergamon Press, 1979.
- PINTO, L. F. G. **Avaliação do cultivo de Cana-de-açúcar em Sistemas agroflorestais no município de Piracicaba – SP.** Tese (Doutorado em Agronomia, área Fitotecnia), Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz” – Universidade de São Paulo, Piracicaba – SP. p. 125, 2002.
- PRIMACK, RICHARD B. RODRIGUES, E. **Biologia da Conservação.** Editora Planta, Londrina, 328p. 2001
- QUAMMEN, D. **O canto do Dodô: Biogeografia de ilhas numa era de extinções.** São Paulo: Cia das Letras, 2008.
- QUARTAROLI, C.F.; CRISCUOLO, C.; HOTT, M. C.; GUIMARÃES, M. **Alterações no uso e cobertura das terras no nordeste do Estado de São Paulo no período de 1988 a 2003.** Campinas: EMBRAPA Monitoramento por Satélite. Documentos 55, 57 p. 2006.
- RIBEIRO, D. **Aos trancos e barrancos: como o Brasil deu no que deu.** Editora Guanabara, 200 p., 1985.
- RIBEIRO, M.C.; METZGER, J. P.; MARTENSEN, A. C.; PONZONI, F. J.; HIROTA, M. **The Brazilian Atlantic Forest: How much is left, and how is remaining forest distributed? Implications for conservation.** Biological Conservation, v. 142, p. 1141-1153, 2009.
- ROSSETTO, R.; ANTONIO, D. S. **Arvore do Conhecimento Cana-de-açúcar.** EMBRAPA. Disponível em: http://www.agencia.cnptia.embrapa.br/gestor/cana-de-acucar/arvore/CONTAG01_53_711200516718.html. Acesso em jan. 17.
- RUDORFF, B.F.T.; AGUIAR, D. A.; Silva, W. F.; SUGAWARA, L. M.; ADAMI, M.; MOREIRA, M. A. **Studies on the Rapid Expansion of Sugarcane for Ethanol Production in São Paulo State (Brazil) Using Landsat Data.** Remote Sensing, v. 2, p. 1057-1076, 2010.

- SÃO PAULO (Estado SMA). **Atlas das unidades de conservação ambiental do Estado de São Paulo**. LEI N. 11.241, DE 19 DE SETEMBRO DE 2002. Dispõe sobre a eliminação gradativa da queima da palha da cana-de-açúcar e dá providências correlatas. Disponível em : <http://www.al.sp.gov.br/repositorio/legislacao/lei/2002/lei-11241-19.09.2002.html>. Acesso em 17 nov. 2015.
- SCHROTH, G.; KRAUSS, U.; GASPAROTO, L.; DUARTE AGUILAR, J. A.; VOHLAND, K. **Pest and diseases in agroforestry systems of the humid tropics**. Agroforestry Systems, v. 50, p. 199 – 241, 2000.
- SEOANE, C. E. S. **Conservação da Diversidade Florestal**, VIII Semana de Estudos Florestais, ANAIS, Irati, PR, 2006.
- SILVA, G. M. NETO, C. P. **Certificação de produtos agrícolas no Brasil: panorama atual e tendências futuras* RAP 3/97**. RIO DE JANEIRO, v. 11, p. 109 – 115, 1997.
- SUZUKI, J. C. **Modernização, Território e Relação Campo – Cidade: uma outra leitura da modernização da agricultura**. Agrária, São Paulo, n. 6, p. 83-95, 2007.
- TOKESHI, H. **Doenças e Pragas agrícolas geradas e multiplicadas pelos agrotóxicos**. *Revista Cultivar*, p. 17 – 24, 2002.
- TOMAS, F. L. **A influência da biodiversidade florestal na ocorrência de insetos-praga e doenças em cultivos de tomate no município de Apiaí – SP**. Dissertação (Mestrado em Recursos Florestais), Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz”, Universidade de São Paulo, 92 p., 2010.
- UNICA, União da Indústria da Cana-de-açúcar. **Dados sobre a cultura canavieira no Brasil**. 2015. Disponível em: <http://www.unicadata.com.br/historico-de-area-ibge.php?idMn=33&tipoHistorico=5>. Acesso em 04 set. 2015.
- UNICA, União da Indústria da Cana-de-açúcar. **Dados sobre a cultura canavieira no Brasil**. 2019. Disponível em: <http://www.unicadata.com.br/>. Acesso em 15 mar. 2019.
- VANDERMEER J, PERFECTO I. 1995. **Breakfast of biodiversity: the truth about rainforest destruction**. Oakland, CA: Food First Books.
- VIANA, V. M. PINHEIRO L. A. F. V. **Conservação da biodiversidade em fragmentos florestais**. SÉRIE TÉCNICA IPEF v. 12, n. 32, p. 25-42, dez. 1998. Disponível em <https://www.ipef.br/publicacoes/stecnica/nr32/cap03.pdf>
- WADT, L. P. **Comportamento reprodutivo da broca gigante da cana-de-açúcar, *Telchin licus* (Drury, 1773) (Lepidoptera: Castniidae), como base para seu controle**. Dissertação, (Mestrado em Entomologia), Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz”, Universidade de São Paulo, 2012.

SEGUNDO CAPÍTULO: A DIVERSIDADE E A RIQUEZA ARBÓREA DA MATA DO PINHEIRINHO, O AMBIENTE DA CANA-DE-AÇÚCAR NO SEU ENTORNO E A CARACTERIZAÇÃO EDAFOCLIMÁTICA LOCAL

RESUMO

Na região de Mombuca, no Estado de São Paulo, a mata do Pinheirinho foi selecionada como modelo de fragmento florestal para o estudo por apresentar-se totalmente circundado por cultivos de cana-de-açúcar. Este capítulo retrata o estado de arte deste agroecossistema, a composição arbórea da mata do Pinheirinho no local, a caracterização do solo e manejo das áreas de cana-de-açúcar ao redor do fragmento e o clima local. A identificação das espécies arbóreas encontradas no fragmento florestal foi feita no laboratório de ecologia e botânica da ESALQ- USP através do sistema de classificação APG IV. A amostragem dos indivíduos no campo seguiu o método de quadrantes com distanciamento mínimo de 15 metros entre os pontos amostrais. A diversidade de espécies arbóreas no fragmento florestal foi estimada pelos índices de diversidade de Shannon (H), dominância de Simpson (C), equabilidade de Pielou (j) e o coeficiente de mistura de Jentsch (QM). As espécies identificadas foram classificadas em formas de raridade e a riqueza em espécies raras na mata do Pinheirinho foi avaliada pela proporção de espécies e indivíduos classificados como raros em relação ao total amostrado. A descrição do manejo cultural dos canaviais ocorreu por meio das informações técnicas obtidas junto às unidades agrícolas responsáveis pelos talhões e as unidades receptoras de produção no local. Foram determinadas as principais características físico-químicas e de compactação dos solos nas áreas de cana-de-açúcar adjacentes ao fragmento florestal. As coletas das amostras de solo foram feitas com o uso de trado Holandês e a determinação da compactação por meio do penetrômetro "Hatô". Os pontos amostrais foram estabelecidos nos talhões da cultura, a cada 50 m, ao longo de 8 transectos de 100 m cada, dimensionados a partir das bordas Norte, Sul, Leste e Oeste do fragmento florestal. Outros 6 pontos distantes a pelo menos 300 metros do fragmento mencionado tiveram coletas de solos semelhantes. Foram coletados dados de pluviosidade e temperatura do posto meteorológico da ESALQ/USP durante os dois anos do estudo e comparados com as médias históricas e regionais. Os dados de temperatura e pluviosidade média anual na região de Mombuca durante o período do estudo foram semelhantes ao histórico de 100 anos obtidos pela mesma fonte. A variedade da cana-de-açúcar, manejo e tratamentos culturais foram as mesmas em todos os talhões abrangidos na área experimental. A variedade cultivada é a RB 867515. O manejo é considerado convencional com correção da acidez do solo, uso de fertilizantes convencionais, irrigação com vinhaça e colheita mecanizada sem queima. Os solos encontrados no local são majoritariamente da formação Botucatu, prioritariamente do tipo argiloso, litólicos com transição para Latossolo vermelho amarelo. A resistência do solo à penetração, pH e V% variaram significativamente conforme a distância da mata, sendo a V% maior em pontos mais distantes. Não houve influência da distância da mata nos teores de argila, matéria orgânica e areia. A mata do Pinheirinho possui aproximadamente 214 hectares, sendo que dentre os 224 indivíduos arbóreos amostrados foram identificadas 67 diferentes espécies, apontando um índice de diversidade de Shannon (H') de 0,30 e Simpson (C') de 0,86. A diversidade arbórea encontrada no fragmento mostrou grande riqueza em espécies raras, estimando-se 43% dos indivíduos e 42% de espécies classificadas como raras.

Palavras-chave: Diversidade e riqueza arbórea; Cana-de-açúcar; Caracterização ambiental regional

ABSTRACT

In the Mombuca region of the state of São Paulo, Pinheirinho forest was selected as a model of forest fragment for the study, completely surrounded by sugarcane crops. This chapter describes the state of the art of this agroecosystem, the tree composition of the Pinheirinho forest on the site, soil characterization and management of sugarcane areas around the fragment and the local climate. The identification of the tree species found in the forest fragment was done in the laboratory of ecology and botany of ESALQ-USP by APG IV identification key. Sampling of the individuals in the field followed collection in quadrants with a minimum spacing of 15 meters between the sampling points. The diversity of tree species in the forest fragment was estimated by Shannon (H) diversity index, Simpson dominance (C), Pielou equation (j) and Jentsch (QM) mixture coefficient. The species identified were classified into rarity forms and the richness of rare species in the Pinheirinho forest was evaluated by the proportion of species and individuals classified as rare in relation to the total sampled. Cultural management of sugarcane plantations occurred through the technical information obtained from the agricultural units responsible for the plots and the on-site production receiving units. The main physico-chemical and compaction characteristics of the soils in the sugarcane areas adjacent to the forest fragment were determined. Soil samples were collected using the Dutch method and the determination of compaction using the "Hatô" penetrometer. The sampling points were established in the stands of the culture, every 50 m, along 8 transects of 100 m each scaled from the North, South, East and West edges of the forest fragment. Another 6 points distant at least 300 meters from the mentioned fragment had collections of similar soils. Rainfall and temperature data were collected from the ESALQ / USP meteorological station during the two years of the study and compared to the historical and regional averages. The annual mean temperature and rainfall data for the Mombuca region during the study period were similar to the 100-year history obtained from the same source. The variety of sugarcane, management and cultural treatments were the same in all fields covered in the experimental area. The cultivated variety is RB 867515. The management is considered conventional with soil acidity correction, use of conventional fertilizers, irrigation with vinasse and mechanized harvest without burning. The soils found in the place are mainly Botucatu formation, mainly of the clayey type, with a Latosol red yellow. The resistance of the soil to penetration, pH and V% varied significantly according to the distance of the forest, with V% higher at more distant points. There was no influence of the distance of the forest on the clay, organic matter and sand contents. The pine forest of Pinheirinho has approximately 214 hectares, and among 224 sampled trees, 67 different species were identified, indicating a diversity index of Shannon (H') of 0.30 and Simpson (C') of 0.86. The tree diversity found in the fragment showed great richness in rare species, being estimated 43% of the individuals and 42% of species classified as rare.

Keywords: Tree diversity and richness; Sugarcane; Regional environmental characterization

2.1. INTRODUÇÃO

A Mata Atlântica é o bioma mais desmatado, tendo perdido cerca de 88% de sua área original (AGÊNCIA ESTADO, 2012); o Pantanal, menor bioma brasileiro e considerado Reserva da Biosfera e Patrimônio Natural da Humanidade, pela UNESCO, de 2002 a 2009 registrou uma taxa de desmatamento de 15,31%, em maior parte devido ao uso para pastos, e além disso, um problema atual é o assoreamento do Rio Taquari pelo desmatamento para

agricultura (BARBOSA, 2008). O Cerrado até 2010 havia registrado perdas de 49,1% e a Caatinga de 45,6% (AGÊNCIA ESTADO, 2012).

O Desmatamento no Brasil tem início registrado com a chegada dos portugueses às novas terras, a partir do extrativismo do pau-brasil na Mata Atlântica para o uso da madeira e tingimento (SÃO PAULO, 2009).

Apenas décadas depois, com a formação da colônia, foram empregadas algumas práticas com o intuito de proteção dos recursos naturais, para que não se esgotassem tão rapidamente, uma vez que a madeira, por exemplo, era um recurso importante, tanto econômico como militar (para fabricação de embarcações militares). Com isso são promulgados dois documentos: o “Regimento do Pau-Brasil” (1605) e a “Carta Régia” (1797) (MEDEIROS, 2006).

Essa exploração realizada na Mata Atlântica, que ainda se repetiu por séculos para a abertura de novas áreas para diversos usos, como o desmatamento para a plantação de cana-de-açúcar e café, para exploração de ouro e carvão vegetal, para a agropecuária (ISA, 2004), e também para a construção dos primórdios do que seriam centros urbanos, foram fatores que acarretaram na grande degradação do bioma (SÃO PAULO, 2009).

Apesar do primeiro Parque Estadual ter sido criado em 1896, em São Paulo, ainda na década de 1930 foi promulgado um documento com estrutura suficiente para a criação, manutenção e proteção de certas áreas e seus recursos naturais. Assim surge o primeiro Parque Nacional em 1937 (MEDEIROS, 2006).

Até então a preocupação do governo se restringia a controlar a retirada de recursos naturais, e não a proteção integral dessas áreas. É a partir de 1930 que esses locais começam a receber alguma atenção, com a criação de áreas protegidas. Isso porque há uma mudança no cenário político do país, onde as elites rurais começam a ser substituídas por um novo caráter de industrialização e modernização das instituições sociais. É assim que em 1934 aparece na constituição o dever do estado de zelar pela natureza do país, o chamado “patrimônio nacional” (MEDEIROS; IRVING; GARAY, 2004). A partir de então, surgem parques nacionais, o código de caça e pesca, o decreto de proteção dos animais e o código florestal (MEDEIROS; IRVING; GARAY, 2004).

Esse primeiro modelo foi notável para o período porque estabelecia diferentes categorias de áreas a serem preservadas e conservadas por meio da gestão ambiental do território, visando a intocabilidade de algumas áreas estratégicas e uso controlado dos recursos de outras (MEDEIROS, 2006).

No entanto, apesar das unidades de preservação e conservação, ao longo do tempo o desmatamento sobre os biomas brasileiros cresceu significativamente. O Pampa, por exemplo, perdeu 54% de sua área original ao longo da história econômica dos países e sua taxa de desmatamento. Países considerados menos desenvolvidos tendem a expandir a

agricultura para áreas de florestas nativas, mas à medida que crescem economicamente, o uso das terras passa a ter maior planejamento, bem como a preocupação desses países em relação a questões ambientais (CALABONI, 2017).

Em contrapartida às perdas de florestas primárias, tem-se o aumento de florestas secundárias, o que leva a remanescentes florestais possuírem idade mais reduzida e também colabora para o empobrecimento da biodiversidade. Essas florestas secundárias também podem ser associadas ao deslocamento da produção agrícola para novas áreas mais viáveis economicamente, com custos de produção mais baixos e leis mais flexíveis. Isso explicaria o porquê, de apesar de historicamente terem passado por desmatamento, os estados de São Paulo, Rio de Janeiro e Santa Catarina vem apresentando algum ganho de floresta, enquanto o desmatamento parece aumentar no Centro-Oeste (CALABONI, 2017).

Nesse cenário de intensa produção agrícola, de paisagem alterada, ainda é possível encontrar diversos remanescentes florestais, sendo a maioria caracterizada por pequenos fragmentos próximos das áreas de cultivo, e geralmente isolados, com diferentes estruturas.

O impacto dessa fragmentação, segundo Viana e Pinheiro (1998) inclui: mudança na dinâmica dos ecossistemas devido as alterações nas taxas de mortalidade de natalidade das espécies; alteração nas populações de dispersores e polinizadores, como também de predadores e patógenos; mudanças microclimáticas que afetam o ambiente de crescimento das árvores e, conseqüentemente, sua taxa de mortalidade (VIANA; PINHEIRO, 1998).

A dinâmica desses fragmentos florestais acaba sendo muito susceptível a algumas características como: tamanho, tipo de vizinhança, grau de isolamento, forma e histórico de perturbações. Essas vão influenciar na relação entre plantas e animais, na deriva genética e no efeito de borda (VIANA; PINHEIRO, 1998).

Segundo Guimarães (2008), nos fragmentos isolados, o efeito de borda pode agir em até 300m eliminando grande parte de árvores que carecem de polinização especializada, propiciando a presença de espécies mais generalistas. Além disso, em fragmentos pequenos, o efeito de borda pode afetar toda a área, reduzindo assim, a diversidade. Os animais dependentes de néctar, pólen, frutos ou folhas não encontram alimento nem abrigo no fragmento, no entanto não podem atravessar o canavial, ficando ilhados; as plantas que necessitam desses para sua reprodução, não são capazes de completar seu ciclo. Dessa forma, a queda de diversidade arbórea gera empobrecimento das populações de fauna, o que leva também, e novamente, a uma redução na flora (GUIMARÃES, 2008).

A floresta Atlântica mantém um dos maiores graus de riqueza de espécies e de endemismo do planeta, mas também sofreu uma enorme redução de sua área de cobertura que originalmente era de mais de 150 milhões de hectares (RIBEIRO et al., 2009).

Os fragmentos florestais da região de Piracicaba são, normalmente, pequenos, isolados, perturbados e encontram-se em acelerado processo de degradação, com a

regeneração natural arbórea limitada pela grande quantidade de lianas e arbustos escandentes (AMADOR; VIANA, 2000).

Segundo os autores, existem evidências de que estes fragmentos não são sustentáveis e requerem não apenas a proteção contra perturbações antrópicas, mas também manejo para sua conservação (VIANA & PINHEIRO, 1998).

Devido a grande heterogeneidade na dinâmica e composição desses fragmentos o manejo deve ser ajustado às suas características e singularidades.

A região de Piracicaba possui fragmentos florestais com composições típicas regionais em estudo de dois fragmentos de Floresta Estacional Decidual em Piracicaba estes apresentavam características abióticas próprias, como solo litólico, estresse hídrico no período seco e excesso de água no período úmido, definindo uma flora particular e fisionomia semelhante à de florestas secas (IVANAUSKAS; RODRIGUES, 2000).

Neste levantamento florístico, foram amostradas 42 famílias, 86 gêneros e 110 espécies. As famílias de maior riqueza na fitossociologia foram Leguminosae, Myrtaceae e Rutaceae. As espécies de maior valor de importância foram *Cereus hildmanianus*, *Eugenia florida*, *Eugenia uniflora*, *Pseudobombax grandiflorum*, *Sebastiania serrata* e *Luehea divaricata*.

Em uma revisão sobre a vegetação natural nas bacias dos rios Piracicaba e Capivari, no Estado de São Paulo, as vegetações naturais foram classificadas em Cerrado “Lato senso”, florestas higrófilas (matas de brejo) e florestas estacionais semidecíduais (LEITÃO F. et al. 1996).

No Cerrado senso lato foram levantadas 205 espécies distribuídas em 60 famílias, com destaque para Myrtaceae, Melastomataceae, Rubiaceae, Fabaceae e Asteraceae.

Nas matas de brejo foram encontradas 158 espécies, distribuídas em 49 famílias, destacando-se pelo maior número de espécies Myrtaceae, Lauraceae, Euphorbiaceae, Fabaceae e Meliaceae.

As florestas de brejo ocupam um espaço físico muito característico, no fundo de vales ou em baixadas de inundação longa ou quase permanente. São áreas de grande peculiaridade e que abrigam uma vegetação de baixa diversidade e com adaptações ecológicas características.

Nas florestas estacionais semidecíduais foram encontradas 569 espécies distribuídas em 75 famílias, sendo as com maior riqueza de espécies Myrtaceae, Fabaceae, Rubiaceae, Euphorbiaceae e Laurácea. Nos três tipos de vegetação, a maioria das espécies apresenta uma distribuição caracterizada por poucos indivíduos por unidade de área, sendo este o padrão geral da distribuição das espécies (LEITÃO FILHO et al., 1996).

Um dos principais agentes de impactos e desmatamentos é a ação agrícola, sendo que na região de Piracicaba a cultura da cana-de-açúcar é uma das mais extensivas e

dominantes na paisagem rural, muitas vezes sendo considerada uma ameaça a presença e conservação dos recursos florestais na região.

A cana-de-açúcar está presente em grande parte dessa composição de paisagem que substituiu a mata nativa. Só no estado de São Paulo, a área plantada chegou a quase 5,25 milhões de hectares, com uma produção de 370 milhões de toneladas no ano de 2017, o que corresponde a mais de 50% da área plantada de cana no Brasil (IBGE, 2017).

Ao longo do tempo, com a expansão da agricultura a paisagem florestal foi sendo fragmentada, o que traz implicações físicas e ecológicas, resultando em mudanças nos habitats naturais, redução da população de espécies originais, alteração nos padrões de migração e dispersão, o que culmina na queda da diversidade biológica ao longo do tempo (NASCIMENTO; LAURANCE, 2006).

Em áreas agrícolas de uso intensivo e histórico, como a região de Piracicaba entre muitas outras, podemos notar que a qualidade ou diversidade arbórea dos fragmentos florestais está muito prejudicada, ou seja, ou é muito baixa ou insuficiente para se considerar esta área rica em árvores (KAGEYAMA, 2000).

O panorama da presença e manejo da cana-de-açúcar na região de Piracicaba vem se alternando, no entanto, para o produtor mantém-se cada vez maior a necessidade de atenção as ações que estão ligadas ao manejo de pragas e doenças, plantas daninhas, doenças agrícolas, manejo de solos e uso de variedades adaptadas entre outros fatores para se poder ter sucesso com esta cultura agrícola (EMBRAPA, 2015).

Uma das principais alterações em relação ao manejo tradicional utilizado por séculos em canaviais pelo Brasil, foi o abandono da prática de queima para a colheita do cultivo. No Estado de São Paulo, a Lei Estadual 11.241 de 19 de setembro de 2002, dispõe sobre a eliminação gradativa da queima da palha da cana-de-açúcar. Nas áreas mecanizáveis, em 2016 obrigatoriamente 80% da área colhida deveria ser cortada sem uso do fogo (SÃO PAULO, 2002).

Em São Paulo, na safra 2014/2015, a área total de cana-de-açúcar era de 5,89 milhões de hectares, sendo 5,36 milhões de hectares de área a ser colhida, das quais 4,42 milhões de hectares (82,5%) já era de cana não queimada (INPE - CANASAT, 2015).

Atualmente a lucratividade baseada na produtividade por hectare e na qualidade da produção canavieira são os grandes fatores de análise de uma área, estes elementos são baseados na variedade de cultivar escolhida, nos solos do local e das condições de manejo e climáticas, entre outras, o que determinam, portanto, se uma área deve ser mantida dentro da cultura ou se nesta área a cana-de-açúcar deixará de ser cultivada (TERAMOTO, 2003).

Alguns dos talhões que estão em terreno declivoso e em solos pouco produtivos ou férteis estão parcialmente sendo deixados de ser cultivados com cana-de-açúcar, sendo relatados por produtores na região que os reflorestamentos de eucaliptos, as pastagens, e a

fruticultura são algumas das opções de uso para estas áreas marginais à cana, não sendo ainda analisadas quanto à sua viabilidade em níveis financeiros e sociais (NEVES; CONEJERO, 2007).

Operações mecanizadas são responsáveis por aumento dos níveis de compactação dos solos no que se refere à sua resistência à penetrabilidade de líquidos, sendo que mantêm os índices de condições de penetração de raízes, porém com diminuição de dados de desenvolvimento da cultura e conseqüentemente de produtividade (PACHECO, 2011).

A atenção às atividades mecanizadas, evitando sobre passe dos rodados e mantendo o controle do tráfego de máquinas agrícolas na área da cultura, acarreta um maior desenvolvimento radicular e uma maior capacidade de carga e desenvolvimento do cultivo (ROQUE, 2010).

O cultivo de cana-de-açúcar sem a queima e com a colheita mecanizada pode ter efeitos negativos relacionados à compactação de solos e dificuldades na colheita, sendo que possui outros efeitos inversos e positivos como uma menor ocorrência de plantas daninhas e aumento nas condições à manutenção de microrganismos dos solos (MONQUERO et al., 2008).

Uma das atividades realizadas durante as operações em cana-de-açúcar na região de Mombuca é a adição de vinhaça aos campos, o que torna a cultura mais rica em Potássio principalmente, com aumento de matéria orgânica nos solos e umidade, tendo está um custo de operação alto por área (mais caro que adubação química), porém com maior produtividade final na cultura (LEITE, 1999).

O aumento de custos em atividades mecanizadas de controle e manejo, significa necessariamente um aumento de custos que, muitas vezes, não se reflete em aumento produtivo ou de valor final do produto (ÚNICA, 2015).

Outros efeitos são relacionados ao aumento de insetos saprófitos que, com o aumento de vinhaça nos campos de cultivo, recorrem a este sistema como fonte de alimentos, ocasionando efeitos paralelos no aumento e mudança das populações de dípteros auxiliares da decomposição orgânica de resíduos (KASSAB et al., 2012; CORREA et al., 2013).

Ao contrário de ambientes florestais, solos sob sistema de manejo em cana-de-açúcar são altamente mecanizados e com valores de compactação maiores, apresentando menor capacidade de campo e maior saturação na presença de chuvas e águas (SILVA; CABEDA, 2006).

Os cultivos de cana com alta mecanização, apresentam redução de macro porosidade e aumento na densidade do solo em perfis de 10 a 50 cm (CAMILOTTI et al., 2005).

Fatores como a quantidade de matéria orgânica do solo e a umidade gravimétrica deste, são fatores que influenciam diretamente os parâmetros de crescimento da cultura em

Argisolo vermelho eutrófico na região de Suzanápolis - SP e no cerrado brasileiro (DALCHIAVON et al., 2014).

Os cultivos de cana-de-açúcar com queima apresentam menor quantidade de matéria orgânica acumulada no solo, 1,7ton/ha, ao contrário das 12ton/hectares do cultivo sem queima e com incorporação (SOUZA et al., 2005).

As relações entre seres vivos e não vivos é direta no caso de vegetais e solos. No entanto, o entendimento de solo como um componente inanimado e fornecedor de elementos químicos que subsidiam a alimentação das plantas parece um tanto restrito quando não se considera a microbiologia destes e a ocupação de diversos microrganismos que ocupam diversas fases do perfil dos solos (PRIMAVESI, 2014).

Uma maior quantidade de matéria orgânica nos solos pode dar apoio a presença e interação maior entre espécies potencialmente benéficas à cultura como as micorrizas que auxiliam a absorção de nutrientes e água pelas raízes vegetais (GERDEMAN, 1967).

Solos tropicais ricos em florestas possuem uma alta população de fungos micorrízicos, e a substituição destas florestas por cultivos agrícolas provoca mudanças drásticas nestas populações prejudicando sua atuação e impactos sobre cultivos agrícolas. A cana-de-açúcar como gramínea possui diversas associações micorrízicas e logo, solos com menor impacto de máquinas e produtos químicos agrícolas promove estas associações (MUNYANZIZA; KEHRIBD; BAGYARAJC, 1997).

A presença de micorrizas arbusculares e da bactéria endofítica *Acetobacter diazotrophicus* em cana-de-açúcar são impactadas pelo manejo e tratamento dos solos, sendo que solos onde a cultura não é queimada e melhor manejados oferecem maiores quantidades e diversidade de populações de *Acaulospora* sp., *Scutellospora heterogama*, *Glomus etunicatum*, *Glomuscultum* sp., *Gigaspora margarita* e *Acaulospora diazotrophicus* em raízes de cana-de-açúcar (REIS; de PAULA; DÖBEREINER, 1999).

Associações com rizobactérias e acetobactérias, *Herbaspirillum* e *Azospirillum*, são mencionadas como sendo importantíssimas para a cultura da cana-de-açúcar, sendo estas responsáveis pela incorporação de até 60% do Nitrogênio necessários para a nutrição da cultura (MUTHUKUMARASAMY; REVATHI, 1999).

Manter uma produtividade lucrativa é fator de sustentabilidade na produção canavieira, sendo assim, os fatores de adversidade à cultura devem ser menores que os frutos para haver compensação. Os custos de operações mecanizadas quando terceirizadas podem ser uma fonte de gastos que onera substancialmente a produção, tornando-a muitas vezes não lucrativa. Neste sentido, a inclusão de métodos de manejo de baixo custo e impacto ambiental com resultados de longo prazo são interessantes para o meio agrícola (KANEKO et al., 2009).

2.1.1. Hipótese e Justificativas

Tendo a premissa de que a região de Piracicaba – SP se configura como um dos principais polos canavieiros do país e possui fragmentos florestais com alto grau de conservação nestas áreas de abrangência, a hipótese central verificada neste capítulo é a de que uma área rica em diversidade arbórea possa servir de local para uma experimentação sobre a sua funcionalidade ecossistêmica, considerando que os fatores ambientais regionais podem agir como fontes de interferência no equilíbrio no meio agrícola.

As atividades rurais vêm gradualmente necessitando de novos e mais eficientes métodos de manejo para o controle de pragas e doenças.

Existe uma demanda para o desenvolvimento de alternativas que possam auxiliar e conciliar o convívio e o ganho mútuo entre as florestas e as atividades agrícolas.

Para a investigação sobre a funcionalidade das florestas nativas sobre o meio agrícola é necessário se verificar os fatores locais e ambientais que é a caracterização do meio onde se inseriu a pesquisa.

A composição dos solos e seu grau de fertilidade, as ações de manejo na cultura da cana de açúcar, a climatologia nos anos de condução da pesquisa, além da determinação da composição do meio florestal, foram objetos deste estudo.

Esse capítulo produziu variáveis que poderão ser utilizados como indicadores de qualidade florestal de um fragmento e caracterização regional rural.

2.2. OBJETIVOS

O presente capítulo teve como objetivos:

Geral - A avaliação da diversidade arbórea e da riqueza em espécies arbóreas da mata do Pinheirinho, com vistas a determinar o grau de diversidade e composição florística deste fragmento florestal.

Caracterizar o ambiente e manejo dos cultivos de cana-de-açúcar ao redor da mata do Pinheirinho.

Específico – Utilizar o levantamento e os dados ambientais como elementos de apoio à pesquisa e as conclusões encontradas nos levantamentos de pragas e doenças agrícolas realizado e apresentado nos próximos capítulos.

2.3. MATERIAL E MÉTODOS

2.3.1. Local

A caracterização do ambiente, suas características de altitude, localização geográfica, mapas de acesso e situação foram obtidos por softwares específicos e levantamentos bibliográficos específicos disponíveis.

Para melhor caracterização do fragmento florestal, a mata do Pinheirinho foi georeferenciada por fotos aéreas obtidas por veículo aéreo não tripulado (VANT) (câmera DJI 4K; drone DJI modelo Phantom III Advanced) posteriormente analisadas usando a plataforma on line Drone Deploy do próprio fabricante.

A determinação do manejo agrícola local foi dada pelo contato com os agentes técnicos identificados a partir de investigação de campo.

A usina destinatária da produção do local foi parceira e contribuinte em informações e apoio técnico e de campo a condução dos trabalhos tanto de escritório quanto de campo.

2.3.2. Avaliação da Diversidade Arbórea

A diversidade arbórea que compõe o fragmento florestal da Mata do Pinheirinho foi determinada pela identificação de indivíduos do estrato arbóreo sendo considerada como classe de inclusão dos indivíduos a Circunferência Acima do Peito - CAP de mínima 15 centímetros (RIBEIRO, 2011).

Foi feito um esforço amostral no sentido de investigar o maior número de pontos de coleta possível dentro das condições e severidade de deslocamento pelo fragmento florestal. Utilizou-se o método de amostragem de quadrantes com distancia de pelo menos 15 metros entre cada ponto de coleta (MORO; MARTINS, 2011).

No Parque Estadual de Carlos Botelho na região de São Miguel Arcanjo, foram feitos estudos comparativos entre os métodos de Parcelas e o de Quadrantes, sendo que dentro das mesmas condições de relevo o método de quadrantes pode ser melhor recomendado por gerar menos esforço físico e se adequar melhor a situações de topografia irregular (AGUIAR, 2003; PEREIRA, 2015).

No interior do fragmento florestal, em trilha aleatória, foram determinados pontos de amostragem com distância mínima de 15 m do ponto anterior, aleatoriamente em qualquer direção, onde foram coletados o primeiro indivíduo em condições amostrais de cada quadrante. (Figura 3) (MORO; MARTINS, 2011. COTTAM; CURTIS, 1956).

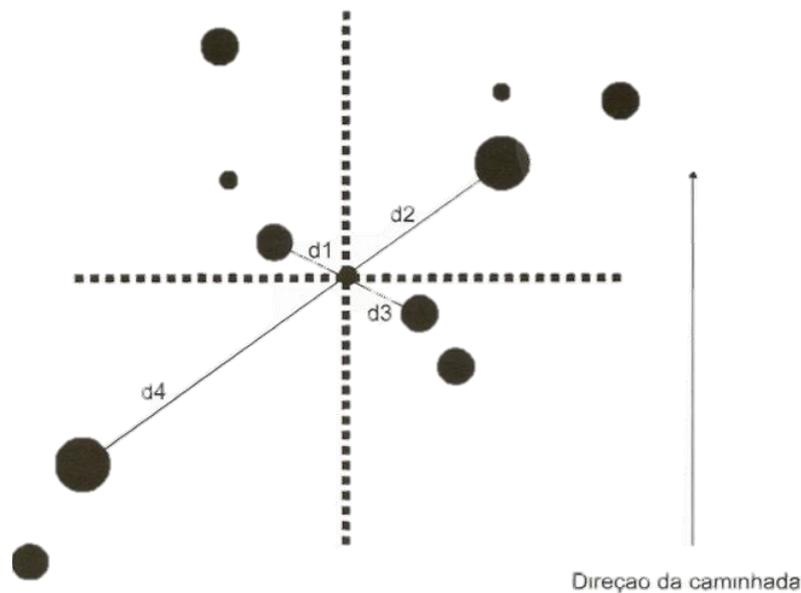


Figura 3. Demonstração do método de amostragem e coleta de campo de indivíduos arbóreos utilizado no levantamento da mata do pinheirinho. Fonte: MORO; MARTINS, 2011.

Dessa forma, foram 56 pontos de amostragem ao longo de toda a área interna do fragmento de mata, totalizando ao mínimo um percurso de mais de 5 quilômetros, em trilha aleatória dentro da área (BROWER; ZAR, 1984).

As informações coletadas em campo foram: a altura total estimada, a circunferência à altura do peito e a distância do ponto central da parcela amostral. Também foi feita a identificação da espécie de tais árvores.

Parte do reconhecimento das espécies das árvores foi feita em campo por especialista em fitossociologia e as árvores que não puderam ser identificadas no local tiveram amostras foliares e fotográficas (tronco e galhos) para posterior identificação no Herbário da ESALQ – USP.

Na identificação em laboratório utilizou-se chaves de identificação botânica, segundo a classificação APG IV, e o conhecimento de especialistas na área (ANGIOSPERM PHYLOGENY GROUP, 2016; FLORA DO BRASIL 2020, 2019).

A biodiversidade arbórea foi avaliada pelos seguintes índices: diversidade de Shannon (H), dominância de Simpson (C), equabilidade de Pielou (J) e o coeficiente de mistura de Jentsch (QM). Foi criado para análise de dados um índice de espécies e de indivíduos raros em comparação com espécies e indivíduos totais amostrados calculados conforme as fórmulas a seguir (PIELOU, 1975; MAGURRAN, 1988; MARTINI; PRADO, 2010):

- Índice de diversidade de Shannon-Weaver (H').

$$H' = \frac{\left[N \ln(N) - \sum_{i=1}^S n_i \ln(n_i) \right]}{N} \quad (1)$$

em que:

H' = Índice de Shannon-Weaver

ni=Número de indivíduos amostrados da i-ésima espécie.

N=número total de indivíduos amostrados.

S=número total de espécies amostradas.

Ln=logaritmo de base neperiana.

- Índice de dominância de Simpsom (C)

$$C = 1 - \frac{\sum_{i=1}^S n_i (n_i - 1)}{N(N - 1)} \quad (2)$$

em que:

C = índice de dominância de Simpson;

n i = número de indivíduos amostrados da i-ésima espécie;

N = número total de indivíduos amostrados;

O valor estimado da dominância (C) varia de 0 (zero) a 1 (um), sendo a maior diversidade em valores próximos de 1.

- Índice de equabilidade de Pielou (J')

$$J = \frac{H'}{H \max.} \quad (3)$$

Hmáx= ln(S)

J = Equabilidade de Pielou

S = número total de espécies amostradas.

H' = índice de diversidade de Shannon-Weaver.

- Coeficiente de Mistura de Jentsch

$$QM = \frac{S}{N} \quad (4)$$

QM = Coeficiente de Mistura de Jentsch.

S = número de espécies amostradas;

N = número total de indivíduos amostrados.

Os índices foram calculados utilizando o software PAST versão 3.23 (Paleontological statistics software package for education and data analysis) (HAMMER, HARPER E RYAN, 2001)

Para avaliação da riqueza da diversidade em espécies raras, as espécies arbóreas identificadas foram classificadas em formas de raridade por meio do trabalho de Caiafa e Martins (2010), o qual seguiu os três parâmetros propostos por Rabinowitz et al. (1986) para caracterização da forma de raridade considerando a distribuição geográfica, especificidade por habitat e tamanho populacional. Tais formas seguem um gradiente crescente de raridade de 1 a 7, sendo a forma 7 considerada a mais rara ou ameaçada (RABINOWITZ et al., 1986).

Dentre as espécies identificadas no presente trabalho, apenas 4 não foram descritas no estudo de Caiafa & Martins (2010).

No presente estudo, as espécies que receberam classificação entre as formas 4 a 7 em Caiafa e Martins (2010), foram consideradas raras com a seguinte descrição:

Forma 4 – espécies localmente abundantes, com distribuição geográfica restrita e habitat variado;

Forma 5 – espécies localmente escassas, com distribuição geográfica restrita e habitat variado;

Forma 6 – espécies localmente abundantes, com distribuição geográfica restrita e habitat único;

Forma 7 – espécies localmente escassas, com distribuição geográfica restrita e habitat único.

Com base em tais informações, foi estimada a proporção de espécies e indivíduos raros na mata do Pinheirinho, considerando apenas as espécies identificadas e que foram classificadas quanto à raridade por Caiafa & Martins (2010), ou seja, os totais de espécies e

indivíduos corresponderam apenas às espécies com identificação que estavam classificadas no trabalho de referência.

2.3.3. Caracterização do Ambiente da cana-de-açúcar

2.3.3.1. Clima

Os dados buscados no levantamento climático são relativos à temperatura e pluviosidade média no local do experimento. A fonte para estes indicadores foi o Posto meteorológico “Professor Jesus Marden dos Santos” da ESALQ – USP.

O período observado foi o compreendido entre os anos de 2017 e 2018. Os dados observados neste período foram comparados às médias históricas dos mesmos indicadores para verificação se as condições climáticas observadas são compatíveis.

2.3.3.2. Solos

Foram colhidas amostras para análise dos seguintes parâmetros: nível de compactação; pH; v%; argila. A caracterização do tipo de solo na região foi, inicialmente, pela busca da formação e histórico geológico da região (SETZER, 1941). A identificação do tipo de solo no local foi por meio de mapa pedológico do estado de São Paulo (ROSSI, 2017).

As avaliações físico-químicas do solo no local do experimento foram feitas em campo no início das atividades do trabalho, entre março e abril de 2017.

A amostragem foi feita seguindo o modelo em delineamentos sistemáticos em transectos que partem da borda entre o fragmento florestal e os talhões de cana-de-açúcar para o interior destes cultivos.

Novos modelos de se buscar amostragens experimentais estão sendo utilizados em trabalhos agrônômicos, sendo que os delineamentos sistemáticos são alternativos para trabalhos de médio e longo prazo que busquem as respostas que um ponto amostral apresenta ao longo do tempo no mesmo espaço (HUXLEY, 1985).

Foram estabelecidos ao redor do fragmento florestal em sentidos radiais, oito transectos de 100 metros cada nas direções N, S, L, O, NE, SE, NO e SO.

A distância entre um transecto e outro na borda da mata foi de no mínimo 300 metros para evitar a interferência de outros pontos de borda.

Para amostragem de solos especificamente, foram estabelecidos 9 transectos e cada um recebeu a marcação de 03 pontos situados no cultivo de cana equidistante em 50 metros. Como entre a borda da mata e o plantio de cana existem carregadores de 5 a 7 m de largura,

o ponto amostral mais próximo à floresta foi estabelecido em 10m e os demais em 60m e 110m da borda.

Outros 6 pontos amostrais distantes no mínimo 300 m da mata do Pinheirinho, ou qualquer outro fragmento florestal, foram estabelecidos de forma também fixa no cultivo de cana e chamados de pontos "distantes" no presente trabalho, totalizando 30 pontos amostrais no total (STAPE, 1995) (Figuras 4 e 5).



Figura 4. Esquema utilizado no delineamento amostral sistemático, por transectos, no cultivo de cana-de-açúcar ao redor da mata do Pinheirinho. Linhas vermelhas à borda do fragmento determinando os locais dos transectos de 100 metros. Os seis pontos amarelos estão distantes pelo menos 300 metros do fragmento florestal. Fonte: Google Maps, 2018.



Figura 5. Sentido dos transectos delineados no campo nos lados norte (A) e sul (B) da mata do Pinheirinho. Fonte: Google Earth, 2018.

A obtenção das amostras foi feita com um trado do tipo Holandês. Foram retiradas três amostras diferentes ao redor do ponto de coleta. Estas amostras foram homogeneizadas, acondicionadas e identificadas em sacos plásticos apropriados para tal finalidade.

Em cada ponto onde foi feita a coleta das amostras de solos, foram feitas três medições da resistência do solo à penetração com o uso de penetrômetro (Hatô) de pressão calibrado para 2 MPa. A profundidade atingida pelo penetrômetro é aquela a partir da qual o solo apresenta um alto nível de compactação, cuja referência é de 2 MPa como limite para a capacidade de absorção de água pelo sistema radicular por potencial osmótico e para manutenção do desenvolvimento vegetal antes do ponto de murcha permanente (UFC, 2019; UFRB, 2019).

Os parâmetros analisados foram: a profundidade da camada de compactação, V%, pH, teores de argila, areia e matéria orgânica.

As amostras foram encaminhadas para o laboratório de análises da COPLACANA de Piracicaba para as análises físico-químicas. As relações entre as variáveis físico-químicas e a distância da mata foram analisadas por meio de GLMs de regressão linear, e logística no caso de V%, utilizando o pacote estatístico R (R Core Team, 2014).

2.3.3.3. Manejo e variedades da cana no local

Para se compreender as variedades e o manejo adotado na cultura naquela região foram feitas visitas a campo para identificar os locais de fornecimento e proprietários com consequente manejo utilizado por estes em seus talhões de cana-de-açúcar.

As áreas observadas foram as de cultivo de cana-de-açúcar que estão inseridas nas dimensões do projeto, ou seja, com áreas a pelo menos 300 metros a partir do fragmento florestal da Mata do Pinheirinho.

As principais fontes de conhecimento sobre as informações solicitadas para este levantamento são as entidades empresariais que adquirem e auxiliam a produção local como a Usina Santa Helena - Raízen e a Cooperativa de produtores Rurais Coplacana de Piracicaba – SP.

2.4. RESULTADOS E DISCUSSÃO

2.4.1. Caracterização da Mata do Pinheirinho e da Diversidade Arbórea

A Mata do Pinheirinho situa-se no município de Mombuca-SP, localizado na Mesoregião de Piracicaba - SP, onde a altitude é de cerca de 550m e o clima é caracterizado como Cwa pela classificação de Köppen, com inverno seco e verão quente (ALVARES et al., 2013), com conformação vegetal de Floresta Estacional Semidecidual situada do Bioma Mata Atlântica (IVANAUSKAS, 2000).

A Mata do Pinheirinho (latitude: -22.922857; longitude: -47.6586) trata-se de um fragmento com características típicas da floresta estacional semidecidual, com a presença de indivíduos arbóreos adultos representantes de diversas famílias botânicas, em especial, espécies consideradas raras tanto pela sua disposição natural na floresta nativa quanto pelo processo de corte e extração que sofreram durante a colonização e abertura de áreas para agricultura. Visualmente, é uma área diferenciada dos fragmentos florestais próximos da região tanto pelas suas dimensões quanto pela sua estrutura.

O tamanho da mata do Pinheirinho é de aproximadamente 214 hectares de área que apresenta uma forma poligonal retangular com um núcleo central.

Possui evidências de efeitos de borda em suas margens, o que é evidenciado pela presença de gramíneas, cipós e lianas que formam uma estrutura de resistência física à penetração de indivíduos e ventos junto às primeiras árvores visíveis nas margens do fragmento.

Considerando a área do fragmento florestal e do polígono gerado pela área estudada nos canaviais, o estudo foi realizado em uma área de aproximadamente 800 hectares.

2.4.2. Avaliação da diversidade arbórea

Foram encontradas 67 espécies diferentes em 56 pontos amostrais, foram identificados 224 indivíduos arbóreos na mata do Pinheirinho (Tabela 1).

Dessas espécies, 49 foram identificadas correspondendo a 206 indivíduos. Desse montante, 45 foram classificadas quanto à forma de raridade (CAIAFA & MARTINS, 2010).

Tabela 1. Dados de diversidade arbórea obtidos na mata do Pinheirinho, Mombuca-SP.

	A	Mínimo	Máximo
Taxa_S	67	67	67
Indivíduos	224	224	224
Dominância	0,13	0,06	0,11
Simpson_1-D	0,87	0,88	0,93
Shannon_H	3,04	3,17	3,49
Equabilidade_J	0,73	0,75	0,83
QM	0,29		
Categorias raridade	n.spp	indivíduos/categoria	
sem identificação	18	18	
sem classificação	4	9	
Comuns	25	110	
1	1	3	
2	0	0	
3	0	0	soma indv raros (4-7)
4	4	13	13
5	4	10	10
6	2	3	3
7	9	58	58
			84
número total indivíduos	224	n. indivíduos raros	84
número total espécies	67	n.sp. raras	19
		proporção ind raros	0,43
		proporção spp raras	0,42
		grau de 4 a 7	

Devemos considerar o índice de diversidade de Shannon- Wiener (H'), ou Shannon como uma medida comparativa de ocorrência ou presença de espécies (KANIESKI; LONGHI; SOARES, 2018).

Tal índice considera de igual peso as espécies raras e abundantes. Pode expressar riqueza e uniformidade, e remonta a teoria que apresenta a noção do grau de incerteza em dizer qual seria uma espécie pertencente a um indivíduo da população caso retirado aleatoriamente (LUDWIG; REYNOLDS, 1988; MAGURRAN, 1988).

Em levantamentos florestais, o índice de Shannon (H') pode ser utilizado de forma comparativa em ambientes semelhantes para a determinação da diversidade relativa de

fragmentos florestais (AMARAL et al., 2013). Quanto maior for o valor de H' , maior será a diversidade florística da população em estudo.

Em florestas Ombrófilas Mistas, valores encontrados normalmente de H' situam-se entre 1,5 e 3,5 (DURIGAN, 1999).

Remanescentes de florestas tropicais em grande altitude apresentam baixa diversidade florística com H' próximos de 1,5 (KANIESKI; LONGHI; SOARES, 2018). Nas regiões de São Francisco de Paula-RS e de General Carneiro-PR, valores na ordem de 3,19 e 3,26, respectivamente, foram descritos como altamente biodiversos (WATZLAWICK et al., 2005; KANIESKI; LONGHI; SOARES, 2018).

O índice de Shannon da mata do Pinheirinho ($H'=3,04$) é maior que o H' de 2,41 obtido por Durigan et al. (2000) na estação Ecológica dos Caetetus (Gália-SP). Entretanto, pode ser considerado baixo em relação ao $H'=3,53$ obtido por Bernacci (1992) em Campinas-SP, porém próximo do $H'=3,16$ apresentado por Donadio, Paula e Galbiatti (2009) em região de floresta estacional semidecidual em Taquaritinga-SP.

Segundo Martins (1991), os índices de diversidade nesse tipo de floresta são em torno de 3,16 e 3,63. Em outras regiões do estado de São Paulo com ocorrência do mesmo tipo de vegetação, foram encontrados índices maiores. Em Bauru $H'=3,50$ (CAVASSAM et al., 1984); Teodoro Sampaio $H'=4,02$ (SCHLITTLER et al., 1995), Botucatu $H'=3,06$ (SILVA- FILHO E ENGEL, 1993), Jaú $H'=4,06$ (NICOLINI-GABRIEL e PAGANO, 1993) e Matão $H'=3,24$ (ROZZA, 1997).

Valores baixos de H' podem ser encontrados na literatura mesmo em fragmentos de florestas comumente caracterizadas de média a alta diversidade, com grande divergência entre os estudos em função dos tamanhos amostrais utilizadas. Como o índice de Shannon não considera o tamanho da área amostral, levantamento com amostras maiores tendem a apresentar maior valor de H' que trabalhos que utilizaram amostras relativamente pequenas, como é o caso do presente trabalho.

O índice de dominância de Simpson varia de 0 (zero) a 1 (um), sendo a maior diversidade em valores próximos de 1. Mensura a probabilidade de dois diferentes indivíduos selecionados ao acaso em uma coleta amostral, pertencerem à mesma espécie (BROWER; ZARR, 1984). Desta forma, uma comunidade de espécies com maior diversidade terá uma menor dominância, o que converge com os resultados obtidos para o respectivo índice de $C'=0,87$.

O índice de equabilidade de Pielou (J') mostra como os indivíduos estão distribuídos entre as espécies, indicando maior ou menor uniformidade na composição de espécies (KANIESKI, LONGHI E SOARES, 2018). Varia de 0 (zero) a 1 (um), onde 1 representa a máxima diversidade.

O valor obtido ($J'=0,72$) ilustra a diversidade máxima teórica encontrada no levantamento realizado neste estudo.

O “Coeficiente de Mistura de Jentsch”, dá uma ideia geral da composição florística da floresta, pois indica, em média, o número de árvores de cada espécie que é encontrado no povoamento. Dessa forma, tem-se um fator para medir a intensidade de mistura das espécies e os possíveis problemas de manejo, dada as condições de variabilidade de espécies (SCOLFORO et al., 1981). Quanto mais próximo de 1 (um) o valor de QM, mais diversa é a população (MATA NATIVA, 2016).

Em se tratando de fragmentos florestais compostos por muitas espécies e vários indivíduos da mesma espécie, o QM é reduzido, como o valor obtido ($QM=0,30$).

Neste trabalho, a riqueza em espécies raras foi avaliada pelas proporções de espécies e indivíduos raros. Não foi encontrada menção sobre tal indicador na literatura. Os resultados obtidos demonstram 0,42 de espécies raras e 0,43 de indivíduos raros (Tabela 1).

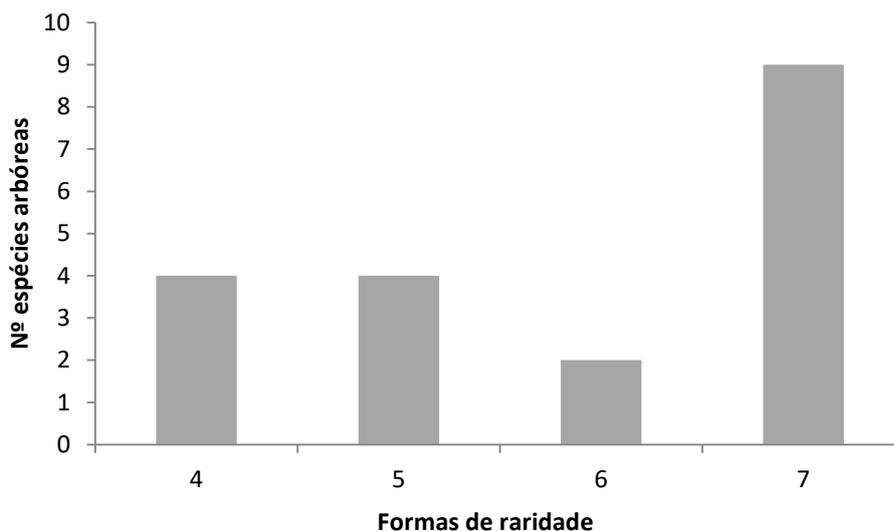


Figura 6. Número de espécies com grau de raridade acima de 4 numa escala de 1 a 7, demonstrativo de espécies raras no local do levantamento.

2.4.3 Ambiente da cana-de-açúcar

2.4.3.1 Clima

- Caracterização

O clima no local é caracterizado como Cwa, com inverno seco e verão quente e chuvoso (KÖPPEN, 1948).

- Dados de Temperatura e precipitação no período;

Os gráficos abaixo demonstram as médias mensais de temperatura (°C) e precipitação acumulada (mm) na região de Piracicaba – SP, nos anos onde foi conduzida a pesquisa.

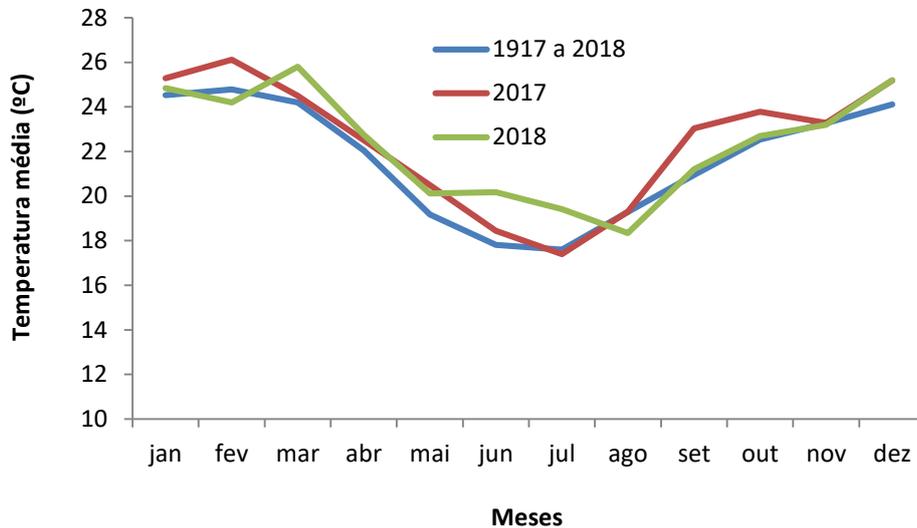


Figura 7. Médias de temperatura (°C) históricas, em 2017 e 2018 no local do experimento no município de Mombuca – SP. Fonte: Posto meteorológico “Professor Jesus Marden dos Santos”/LEB/ESALQ/USP. Acesso em 15 jan. 2019.

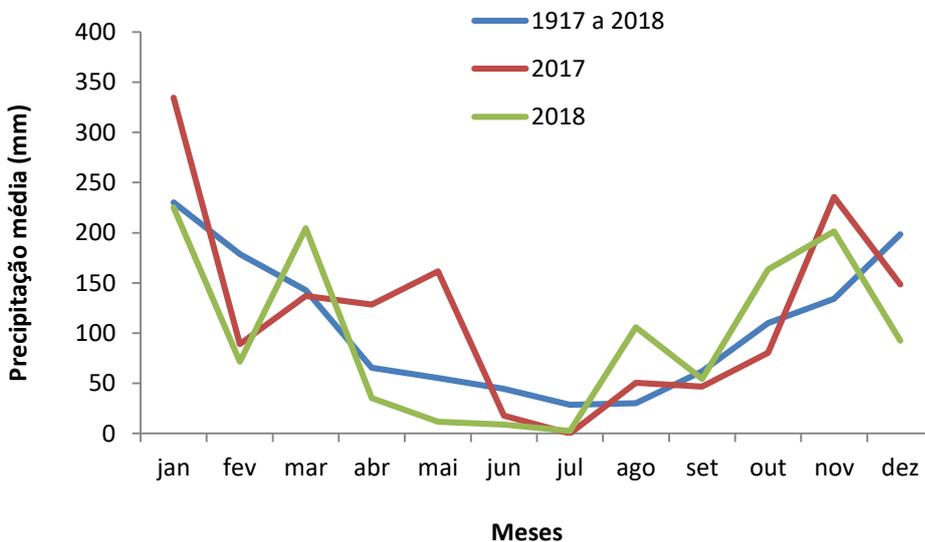


Figura 8. Médias de precipitação (mm) históricas, em 2017 e 2018 no local do experimento no município de Mombuca-SP. Fonte: posto meteorológico “Professor Jesus Marden dos Santos”/LEB/ESALQ/USP. Acesso em 15 jan. 2019.

Os indicadores climáticos de temperatura e precipitação monitorados durante o trabalho (2017 e 2018) foram bastante semelhantes às médias históricas na região (Figuras 7 e 8).

Fatores climáticos podem ser limitantes em experimentos agrônômicos em condições de campo no caso de apresentarem grandes anomalias e alterações sensíveis ao desenvolvimento das culturas.

Dessa forma, a tendência similar entre os dados coletados durante o período do trabalho e as médias históricas da região caracteriza que o ambiente de estudo manteve as médias e tendências históricas em indicadores climáticos sendo indicador de manutenção de espécies de insetos e microrganismos presentes historicamente no ambiente.

2.4.4 Solos

2.4.4.1. Formação e tipo de solos no local

O município de Mombuca-SP está em uma zona geográfica compreendida entre uma curva convexa (Figura 6), que limita o Complexo Cristalino e o Devoniano, que é expressa em diversos municípios do sul e sudoeste do estado de São Paulo (SETZER, 1941).

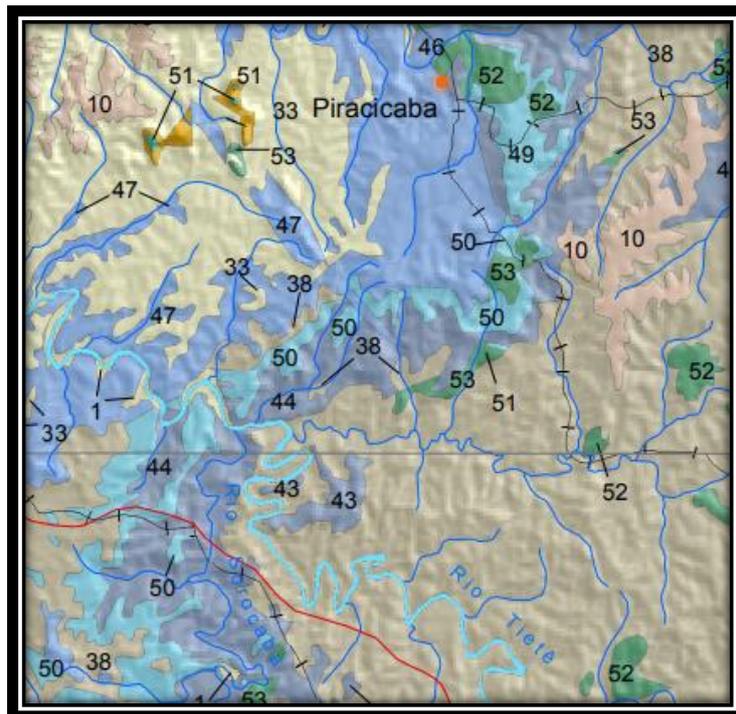


Figura 9. Estrutura geológica presente na região de Mombuca e Saltinho próximo ao sul de Piracicaba localizado no número 50 abaixo do município de Piracicaba toda colocada em cor azul, caracterizada como sendo local de colinas dissecadas e morros baixos. Detalhe de mapa disponível. Fonte: CPRM, 2017.

Os solos da região de Mombuca-SP podem ser descritos como sendo da formação Botucatu, prioritariamente do tipo argiloso, litólicos com transição para Latossolo vermelho amarelo (Figura 10).

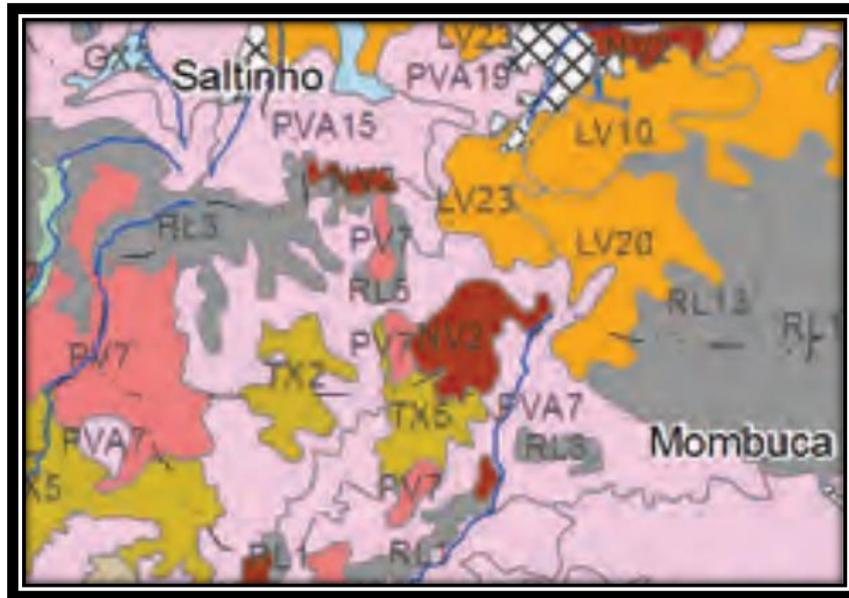


Figura 10. Mapa pedológico na região de Mombuca-SP. * PV7 agrupamento indiscriminado de argisolo; PVA 19 argisolo vermelho amarelo; TX2 – Luvisolo áptico. Detalhe sobre a área da mata do Pinheirinho. Fonte: Rossi, 2017.

2.4.4.2. Caracterização físico-química das amostras coletadas

- **Compactação**

A profundidade de penetração no solo variou significativamente conforme a distância da mata ($F_{(1; 30)}=15,98$; $P<0,001$). Nos pontos mais próximos à mata, o penetrômetro atingiu maiores profundidades em relação aos mais distantes (Figura 11), indicando menor compactação do solo próximo à mata.

A profundidade média obtida a partir dos levantamentos de campo esteve entre 20 e 40 cm demonstrando um alto nível de compactação na área como um todo.

O nível de compactação encontrado aponta para o fato de que em raros pontos amostrais foram atingidos valores com mais de 40 centímetros de profundidade do solo à pressão de 2 MPa, o que aponta para um cenário de solos considerados rasos para a cultura da cana-de-açúcar cujo sistema radicular pode atingir até 4 m de profundidade (INFORZATO; ALVAREZ, 1957; BARBOSA, 2016).

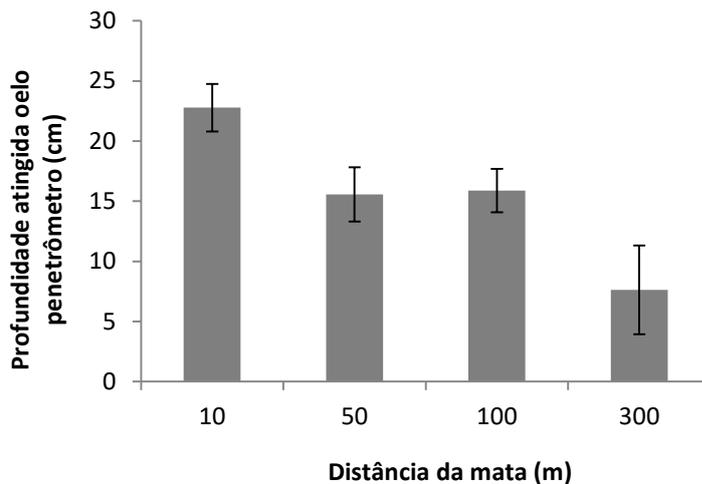


Figura 11. Profundidade média (cm) da compactação do sol, na qual a resistência à penetração é igual a 2 MPa utilizando penetrômetro Hatô, em cultivo de cana conforme a distância da mata do Pinheirinho em Mombuca-SP.

O solo no local é submetido a alto índice de compactação, o que o torna relativamente raso no que pode se considerar a capacidade de penetrabilidade de raízes e água. A capacidade de campo deve ser rapidamente atingida em caso de eventos de alta pluviosidade.

Um alto nível de compactação, de 2 MPa, é considerado, para grande parte dos vegetais, o limite para a sua capacidade de absorção de água pelo sistema radicular por potencial osmótico e para manter seu desenvolvimento antes do ponto de murcha permanente. (UFC, 2019; UFRB, 2019).

- **pH**

Os valores médios de pH mantiveram-se entre 4,3 e 5,1, e também variaram significativamente conforme a distância da mata ($F_{(1; 31)}=17,92$; $P<0,001$) (Figura 12). O solo apresentou alta acidez de uma forma geral ($4,4<pH<5,0$), podendo ser considerado com acidez muito alta em maior proximidade ao fragmento florestal ($pH<4,3$) e com acidez média ($5,1 <pH<5,0$) em pontos mais distantes (TOME JUNIOR, 1997).

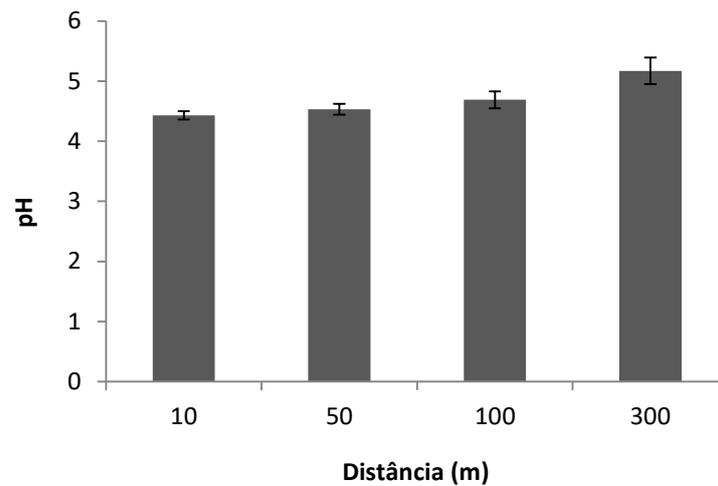


Figura 12. pH do solo em cultivo de cana conforme a distância da mata do Pinheirinho em Mombuca-SP.

- **V%(saturação por bases)**

A V% nas amostras variou significativamente com a distância da mata ($F_{(1; 31)}=11,89$; $P=0,0016$), sendo os maiores valores encontrados em pontos mais distantes (Figura 13).

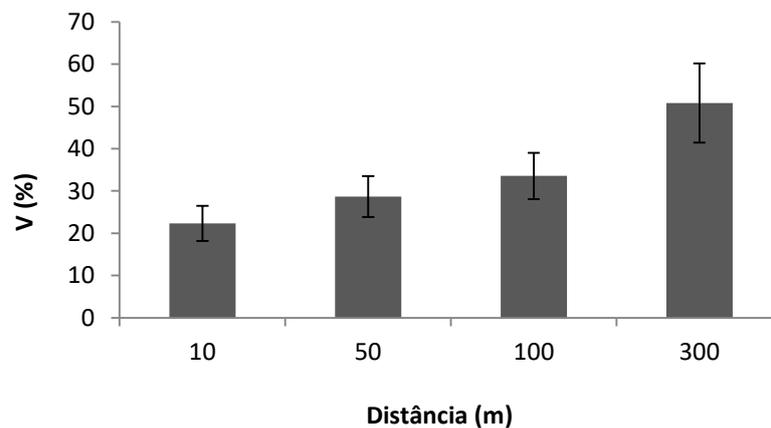


Figura 13. Saturação por bases (V%) em solo de cultivo de cana conforme a distância da mata do Pinheirinho em Mombuca-SP

A saturação por bases é um excelente indicativo das condições gerais de fertilidade do solo, sendo utilizada até como complemento na nomenclatura dos solos. Os solos podem ser divididos de acordo com a saturação por bases: solos eutróficos (férteis) = $V\% \geq 50\%$; solos distróficos (pouco férteis) = $V\% < 50\%$.

Alguns solos distróficos podem ser muito pobres em Ca^{2+} , Mg^{2+} e K^{+} e apresentar teor de alumínio trocável muito elevado, chegando a apresentar saturação em alumínio (m%) superior a 50% e nesse caso são classificados como solos álicos (muito pobres): Al trocável $\geq 3 \text{ mmolc dm}^{-3}$ e $\text{m}\% \geq 50\%$ (RONQUIM, 2010).

Um índice V% baixo significa que há pequenas quantidades de cátions, como Ca^{2+} , Mg^{2+} e K^{+} , saturando as cargas negativas dos coloides e que a maioria delas está sendo neutralizada por H^{+} e Al^{3+} . O solo nesse caso provavelmente será ácido, podendo até conter alumínio em nível tóxico às plantas. Essa situação pode ser comum para grandes áreas tropicais, como ocorre para os solos arenosos e lixiviados do Planalto Central brasileiro. A maioria das culturas apresenta boa produtividade quando no solo é obtido valor V% entre 50 e 80% e valor de pH entre 6,0 e 6,5 (RONQUIM, 2010).

- **Teor de argila**

Não houve variação significativa no teor de argila do solo em função da distância da mata ($F_{(1; 31)}=0,15$; $P=0,69$). Os valores mantiveram-se entre 350 e 500 g de argila/ kg de solo (Figura 14).

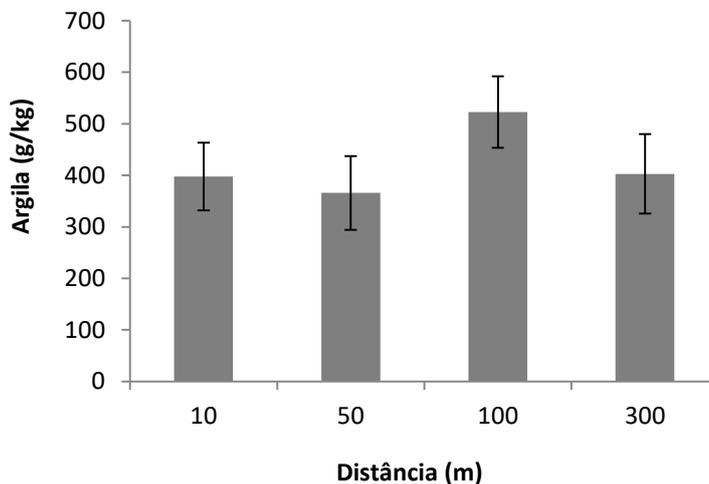


Figura 14. Teor de argila (g/kg) em solo de cultivo de cana conforme a distância da mata do Pinheirinho em Mombuca-SP.

- **Matéria orgânica**

O mesmo aconteceu para o teor de matéria orgânica (figura 15) ($F_{(1; 31)}=0,45$; $P=0,50$) e de areia (Figura 16) ($F_{(1; 31)}=0,09$; $P=0,76$).

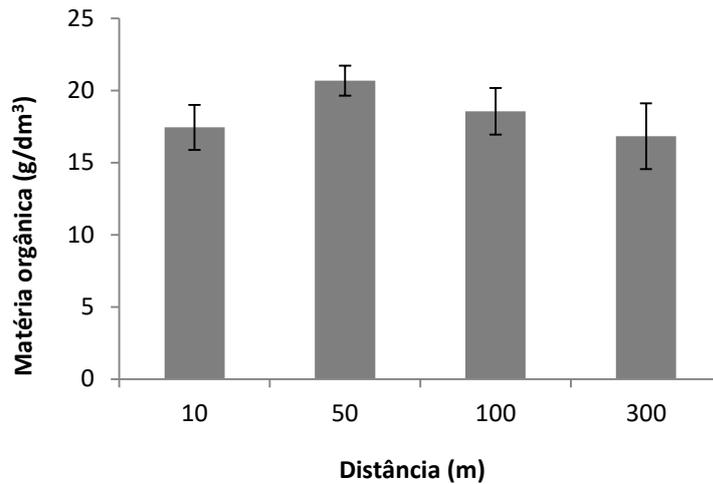


Figura 15. Teor de matéria orgânica (g/dm³) em solos de cultivo de cana conforme a distância da mata do Pinheirinho em Mombuca-SP

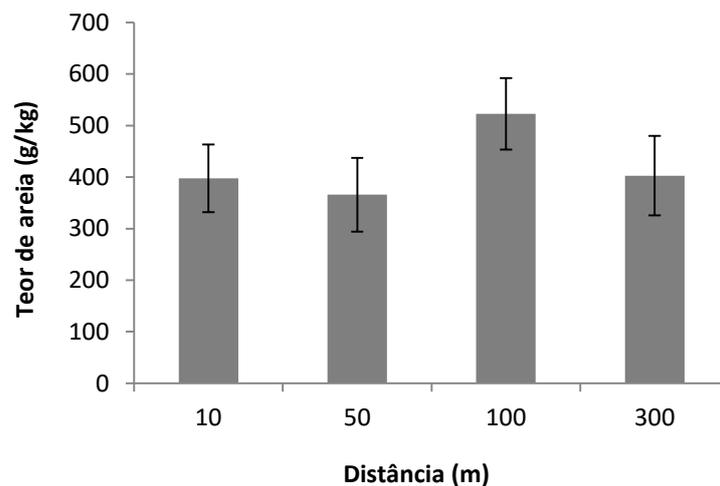


Figura 16. Teor de areia (g/kg) em solos de cultivo de cana conforme a distância da mata do Pinheirinho em Mombuca-SP.

2.4.5. Manejo da cana-de-açúcar

Os cultivos de cana ao redor são manejados para o fornecimento a uma única usina de beneficiamento que é a Santa Helena, pertencente ao grupo Raízen. No local, a maioria das propriedades é pertencente a famílias de agricultores e herdeiros que promovem o arrendamento de terras ou do manejo de sua cana para a Cooperativa Coplacana de Piracicaba, fornecedora da Usina Sta. Helena.

A variedade usada é a RB 867515 que se destaca por ter uma baixa isoporização, alto teor em sacarose, de raro florescimento e considerada resistente à cigarrinha-das-raízes e ao

raquitismo de soqueira (CTC, 2017). Relativamente, é considerada de alta susceptibilidade à broca-da-cana (TASSO, 2007; CTC, 2017).

Toda a área de cana abrangida pelo estudo é cultivada pela COPLACANA com o mesmo manejo em todos os talhões. O relevo é suavemente declivoso em relação à floresta. O sistema de produção local da cana-de-açúcar segue cultivo mínimo com manutenção da palhada, totalmente mecanizado assim como a colheita. Inseticidas são aplicados com gás-tanque, ou seja, um implemento tanque que é transportado por tratores pulverizando pesticidas no local e a área é irrigada com vinhaça frequentemente.

O ciclo da cultura nesses talhões é de geralmente um ano e a colheita concentra-se nos meses de abril a novembro. O presente trabalho ocorreu durante os dois primeiros anos após o plantio, em cana planta e primeira rebrota. As mudas geralmente são oriundas de um único fornecedor, sadias, tratadas termicamente e sanitizadas de forma a estarem isentas de microrganismos fitopatogênicos. Os cultivos seguem um programa de manejo integrado de pragas (MIP) com monitoramento periódico de pragas e doenças.

2.5. CONCLUSÕES

Os resultados obtidos para a diversidade arbórea e a composição e conservação da Mata do Pinheirinho onde foi conduzido o experimento se mostraram compatíveis com a proposta e hipótese central desta pesquisa.

Entre os solos estudados notou-se uma compatibilidade considerável no que se refere a estrutura e composição físico-química com os valores de saturação de bases ou V% variando positivamente à medida que as amostras foram se afastando do fragmento florestal.

Apenas uma variedade é cultivada nos talhões estudados sendo que foram plantados no mesmo ano e estavam com grande vigor de planta quando no período do estudo. O manejo dado aos talhões é feito pela mesma entidade e, portanto, com características similares em adubação e manejo de insetos pragas e doenças agrícolas.

A temperatura média e a pluviosidade durante os anos do experimento acompanharam a média regional não sendo desta forma elementos que poderiam causar alterações significativas para os indicadores buscados na pesquisa que foram as principais pragas e doenças da cultura da cana-de-açúcar.

REFERÊNCIAS

AGÊNCIA ESTADO (Brasil). Gazeta do Povo. **IBGE traça o retrato do desmatamento no Brasil**. 2012. Disponível em: <<https://www.gazetadopovo.com.br/vida-e-cidadania/meio-ambiente/ibge-traca-o-retrato-do-desmatamento-no-brasil-33pgoonjq6y1yt8r5g0nv6moe>>. Acesso em: 12 jul. 2018.

- AGUIAR, O. T. **Comparação entre os métodos de quadrantes e de parcelas na caracterização da composição florística e fitossociológica de um trecho de floresta ombrófila densa no Parque Estadual “Carlos Botelho”, São Miguel Arcanjo, São Paulo**, 106 p. 2003. Dissertação (Mestrado em Recursos Florestais). Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz”, Universidade de São Paulo, 2003.
- ALVARES, C.A.; STAPE, J.L.; SENTELHAS, P.C.; de MORAES GONÇALVES, J. L.; SPAROVEK, G. **Koppen's climate classification map for Brazil**. Meteorologische Zeitschrift, v. 22, p. 711-728, 2013.
- AMADOR, D.B.; VIANA, V.M. **Dinâmica de “capoeiras baixas” na restauração de um fragmento florestal**. Piracicaba, Scientia Forestalis, n. 57, p. 69-85, jun. 2000. p.69-85.
- AMARAL, L. P.; FERREIRA, R. A.; LISBOA, G. S.; LONGHI, S. J.; WATZLAWICKAMARAL, L. F. **Variabilidade espacial do Índice de Diversidade de Shannon-Wiener em Floresta Ombrófila Mista**. Scientia Forestalis, v. 41, p. 083-093, 2013.
- APG The ANGIOSPERM PHYLOGENY GROUP. **An update of the Angiosperm Phylogeny Group classification for the orders and families of flowering plants: APG IV**. Botanical Journal of the Linnean Society, 181, 1-20p. 2016.
- BARBOSA, A.M. **Cultura da Cana de Açúcar. O sistema Radicular da Cana de Açúcar**. Blog. Disponível em <http://alexandriusmb.blogspot.com/2016/12/o-sistema-radicular-da-cana-de-acucar.html>, acesso em 08 mar. 2019.
- BARBOSA, G. **MMA divulga dados do monitoramento do desmatamento de três biomas**. 2008. Elaborado por Ministério do Meio Ambiente. Disponível em: <<http://www.mma.gov.br/informma/item/7455-mma-divulga-dados-do-monitoramento-do%20desmatamento-de-tres-biomas>>. Acesso em: 08 jul. 2018.
- BERNACCI L. C. Estudo florístico e fitossociológicos de uma floresta no município de Campinas, com ênfase nos componentes herbáceo e arbustivo. Dissertação de Mestrado, Instituto de Biologia Universidade Estadual de Campinas, 1992.
- BROWER, J.E.; ZAR, J.H. **Field & laboratory methods for general ecology**. 2 ed. Wm. C. Brown Publishers, Dubuque, Iowa, 226 p. 1984.
- CAIAFA, A. N.; MARTINS, F. R. **Forms of rarity of tree species in the southern Brazilian Atlantic rainforest**. Biodivers Conserv, v. 19, p. 2597–2618, 2010.
- CALABONI, Adriane. **Transição Florestal no estado de São Paulo, Brasil: fatores associados ao desmatamento e recuperação das matas nativas**. 2017. Tese (Doutorado em Ecologia: Ecossistemas Terrestres e Aquáticos), Instituto de Biociências, Universidade de São Paulo, São Paulo, 2017.
- CAMILOTTI, F.; ANDRIOLI, I.; DIAS, F. L. F.; CASAGRANDE. A. A.; SILVA. A. R.; MUTTON, M. A.; CENTURION, J. F. **Efeito prolongado de sistemas de preparo do solo com e sem cultivo de soqueira de cana crua em algumas propriedades físicas do solo**. Engenharia Agrícola, v. 25, p. 189-198, 2005.
- CAVASSAN O. CESAR O. & MARTINS F. R. **Fitossociologia da vegetação arbórea da Reserva Estadual de Bauru, Estado de São Paulo**. Revista Brasileira de Botânica. 7:91-106. 1984.

- CTC. **Centro de Tecnologia Canavieira**, Manejo Varietal, em: <http://www.ctcanavieira.com.br/manejovarietal.html>, acesso em março de 2017.
- CORREA, E. C.; RIBAS, A. C.; CAMPOS, J.; BARROS, A. T. M. **Abundância de *Stomoxys calcitrans* (Diptera: Muscidae) em diferentes subprodutos canavieiros**. Pesquisa Veterinária Brasileira, v. 33, p. 1303 – 1308, 2013.
- COTTAN, G.; CURTIS, J. T. **The Use of Distance Measures in Phytosociological Sampling**. Ecology, v. 37, p. 451-460, 1956.
- DALCHIAVON F. C.; CARVALHO M. P.; MONTANARI R.; ANDREOTTI M.; BEM E. A. D. **Inter-relações da produtividade de cana soca com a resistência à penetração, umidade e matéria orgânica do solo**. Revista Ceres, v. 61, n.2, p. 255-264, 2014.
- DONADIO N. M. M. PAULA R. C. GALBIATTI J. A. **Estrutura da Comunidade Arbórea de um remanescente florestal localizado em Taquaritinga, Estado de São Paulo, Brazil**. Científica, v 37, n. 2, p. 77-88. Jaboticabal. 2009.
- DURIGAN, M.E. **Florística, dinâmica e análise protéica de uma Floresta Ombrófila Mista em São João do Triunfo - PR. 1999**. 125p. Dissertação (Mestrado em Engenharia Florestal) - Setor de Ciências Agrárias, Universidade Federal do Paraná, Curitiba, 1999.
- EMBRAPA, por: Alfonsi, R. R. **Árvore do conhecimento, Cana de açúcar, Manejo e conservação**. Acesso em http://www.agencia.cnptia.embrapa.br/gestor/cana-de-acucar/arvore/CONTAG01_30_711200516717.html, último acesso em 11/11/2015.
- Flora do Brasil 2020 em construção. **Jardim Botânico do Rio de Janeiro**. Disponível em: <http://floradobrasil.jbrj.gov.br/> Acesso em: 18 mar. 2019.
- GERDEMANN, J. W. **Vesicular-arbuscular mycorrhiza and plant growth**. Department of Plant Pathology, University of Illinois, Urbana, Illinois, Annual Review, p. 397 – 413, 1967.
- GUIMARÃES, M. **Ilhas de floresta: Trechos isolados de Mata Atlântica abrigam menos espécies de plantas e de animais**. Pesquisa Fapesp, v. 153, p.72-75, nov. 2008.
- HAMMER, O. HARPER D. A. RYAN P. D. PAST. Paleontological statistics software package for education and data analysis. Paleontologia Electronica 4 (1). 9 pp. . http://palaeo-electronica.org/2001_1/past/issue1_01.htm. 2001.
- HUXLEY, P. A. **Systematic designs for field experimentation with multipurpose trees**. Agroforestry Systems, v. 3, n. 2, p. 197-207, 1985.
- IBGE. Brasil. **Levantamento Sistemático de Produção Agrícola**. 2017. Disponível em: <<https://sidra.ibge.gov.br/tabela/1618#resultado>>. Acesso em: 16 jul. 2018.
- INFORZATO, R.; ALVAREZ, R. **Distribuição do Sistema Radicular da Cana-de-Açúcar em solo tipo Terra Roxa Legítima**. BRAGANTIA, Boletim do IAC, v. 16., 1957.
- INPE 2015 – Canasat – **Monitoramento da cana-de-açúcar via imagens de satélite**. Disponível em: <http://www.dsr.inpe.br/laf/canasat/>. Acesso em: 01 set. 2015.

- ISA. Fany Ricardo. Instituto Socioambiental (Org.). **Terras Indígenas & Unidades de Conservação da natureza: o desafio das sobreposições**. São Paulo: Instituto Socioambiental, 2004. 688 p.
- IVANAUSKAS, N.M.; RODRIGUES, R.R. **Florística e fitossociologia de remanescentes de floresta estacional decidual em Piracicaba**, São Paulo, Brasil. São Paulo Revista brasileira de Botânica, v.23, p. 291-304, 2000.
- KAGEYAMA, P.Y. **A biodiversidade como ferramenta em agroecossistemas**. Lcf, ESALQ, USP. Disponível em: http://lcf.esalq.usp.br/prof/pedro/lib/exe/fetch.php?media=ensino:graduacao:art_pk_biodiv_ferramenta.pdf, 2000. Acesso em 11/11/2015.
- KANIESKI, M.R.; LONGHI, S.J.; SOARES, P.R.C. **Methods for biodiversity assessment: case study in an area of Atlantic Forest in Southern Brazil**. p. 45-58. In.: Şen, B. (Ed.) Selected Studies in Biodiversity. IntechOpen, 2018.
- KASSAB, S. O.; GAONA, J. C.; LOUREIRO, E. S.; MOTA, T. A.; FONSECA, P. R. B.; ROSSONI, C. **Novos surtos populacionais de mosca-dos-estábulo no Mato Grosso do Sul: medidas do controle e prevenção**. Revista Agrarian, Dourados, v. 5, p. 84-88, 2012.
- LEITÃO-FILHO, H. F.; RODRIGUES, R. R.; SANTIN, D.; JOLY, C. A. **Vegetação florestal remanescente: inventários, caracterização, manejo e recuperação nas bacias dos rios Piracicaba e Capivari. Qualidade ambiental e desenvolvimento regional nas bacias do Rio Piracicaba e Capivari**. Cadernos, (7) 1996.
- LEITE, G. F. **Avaliação econômica da adubação com vinhaça e da adubação mineral de soqueiras de cana-de-açúcar na usina monte alegre Ltda**. Revista da Universidade de Alfenas, v. 5, p. 189-181, 1999.
- LUDWIG, J.A.; REYNOLDS, J.F. **Statistical Ecology: A Primer on Methods and Computing**. Wiley, New York, p. 85-106, 1988.
- MAGURRAN, A. **Ecological diversity and its measurement**. Cambridge: British Library, 177 p., 1988.
- MARTINI, A. M. Z.; PRADO, P.I. K. L. **Índices de diversidade de espécies - PPGEGB – UESC**. Apresentação, 45sld. 1º semestre/2010. Disponível em: http://ecologia.ib.usp.br/let/lib/exe/fetch.php?id=didatico:quantif:start&cache=cache&media=didatico:quantif:qdb_indicesdiversidade.pdf Acesso em: 2016.
- MARTINS, F. R. **Estrutura de uma floresta mesófila**. Campinas: UNICAMP, 1991. 246p.
- BLOG DO MATA NATIVA. **Interpretação dos Índices de Diversidade de espécies obtidos em Levantamento Fitossociológico – Parte 1. Inventário Florestal**. Disponível em: <http://www.matanativa.com.br/blog/interpretacao-dos-indices-de-diversidade-de-especies-obtidos-em-levantamento-fitossociologico/> Acesso em: jan. 2016.
- MEDEIROS, R. **Evolução das tipologias e categorias de áreas protegidas no Brasil**. Ambiente & Sociedade, São Paulo, v. 9, n. 1, p.41-64, jan. 2006.

- MEDEIROS, R.; IRVING, M.; GARAY, I. **A proteção da natureza no brasil: evolução e conflitos de um modelo em construção.** Revista de Desenvolvimento Econômico, v. 9, p.83-93, jan. 2004.
- MONQUERO, P.A.; AMARAL, L.R.; BINHA, D.P.; SILVA, P.V.; SILVA, A.C.; MARTINS, F.R.A. **Mapas de infestação de plantas daninhas em diferentes sistemas de colheita da cana-de-açúcar.** Planta Daninha, v. 26, p. 47-55, 2008.
- MORO, M.F.; MARTINS, F.R. **Métodos de levantamento do componente arbóreo-arbustivo.** In: Felfili, J.M.; Eisenlohr, P.V.; Melo, M.M. da R.F. de; Andrade, L.A. de; Meira Neto, J.A.A. (Eds.), **Fitossociologia no Brasil: Métodos e Estudos de Caso.** Viçosa, Editora da Universidade Federal de Viçosa. 2011.
- MUNYANZIZA E.; KEHRIB, H. K.; BAGYARAJC, D. J. **Agricultural intensification, soil biodiversity and agro-ecosystem function in the tropics: the role of mycorrhiza in crops and trees.** Applied Soil Ecology, v. 6, p. 77-85, 1997.
- MUTHUKUMARASAMY, R. REVATHI G. **Diazotrophic associations in sugar cane cultivation in South India.** Tropical Agriculture, v. 76, p. 171 – 178. 1999.
- NASCIMENTO, H.; LAURANCE, E. M.; William F. **Efeitos de área e de borda sobre a estrutura florestal em fragmentos de floresta de terra-firme após 13-17 anos de isolamento.** Acta Amazonica, v. 36, p.183-192, 2006.
- NEVES, M. F.; CONEJERO, M. A. **Sistema agroindustrial da cana: cenários e agenda estratégica.** Economia Aplicada, v. 11, p. 587-604, 2007.
- NICOLINI-GABRIEL E. M. & PAGANO S. N. **Composição Florística do estrato arbóreo da floresta mesófila semidecidual no município de Jahu, SP.** Arquivos de Biologia e Tecnologia. 35: 725-748. 1992
- PACHECO, E. P.; CANTALICE, J. R. B. **Compressibilidade, resistência a penetração e intervalo hídrico ótimo de um argissolo amarelo cultivado com cana-de-açúcar nos tabuleiros costeiros de alagoas (1).** Revista Brasileira de Ciência do Solo, p. 403-415, 2003.
- PEREIRA, F. C.; LENZA E.; SANTOS L. M.; MEHWS H. A.; GOMES L.; LIMA S. L.; SANTOS K. S. M. **Comparação dos métodos de parcelas e pontos-quadrantes para descrever uma comunidade lenhosa de Cerrado Típico.** Biotemas, v. 28, p. 61-72, 2015.
- PIELOU, E. C. **Ecological diversity.** New York; John Wiley, 1975, 165p.
- PRIMAVESI, A. **Pergunte ao solo e às raízes: uma análise do solo tropical e mais de 70 casos resolvidos pela agroecologia.** 1. ed., 288 pp, 2014. São Paulo: Nobel.
- R CORE TEAM (2014). **R: A language and environment for statistical computing.** R Foundation for Statistical Computing, Vienna, Austria. URL <http://www.R-project.org/>.
- R. Bras. Ci. Solo, 35:403-415, 2011.
- RABINOWITZ, D. **SEVEN FORMS OF RARITY.** The Biological Aspects of Rare Plant Conservation. P 205-217. IUCN Threatened Plants Committee Secretariat, c/o The Herbarium, Royal Botanic Gardens, Kew, Surrey, England A Wiley-Interscience Publication Disponível em https://www.esf.edu/efb/parry/Invert_Cons_14_Readings/Rabinowitz_1981.pdf. 1981.

- REIS, V. M.; de PAULA, M. A.; DÖBEREINER, J. **Ocorrência de micorrizas arbusculares e da bactéria diazotrófica acetobacter diazotrophicus em cana-de-açúcar.** Pesquisa Agropecuária Brasileira, v.34, p. 1933-1941, 1999.
- RIBEIRO, E. A. W. **Cadernos de biogeografia: técnica de mensuração em espécie arbórea. - Presidente Prudente,** Azimute, v. 1, 23 p., 2011.
- RIBEIRO, M.C.; METZGER, J. P.; MARTENSEN, A. C.; PONZONI, F. J.; HIROTA, M. **The Brazilian Atlantic Forest: How much is left, and how is remaining forest distributed? Implications for conservation.** Biological Conservation, v. 142, p. 1141-1153, 2009.
- RONQUIM, Carlos Cesar. **Queimada na colheita da cana-de-açúcar: impactos ambientais, sociais e econômicos.** Campinas: Embrapa Monitoramento Por Satélite, 2010.
- ROQUE, A. A. O.; SOUZA Z. M.; BARBOSA R. S.; SOUZA G. S. **Controle de tráfego agrícola e atributos físicos do solo em área cultivada com cana-de-açúcar.** Pesquisa agropecuária Brasileira, v.45, p.744-750, 2010.
- ROSSI, M. **Mapa pedológico do Estado de São Paulo: revisado e ampliado.** Marcio Rossi. – São Paulo: Instituto Florestal, 118 p. Color; mapas. 42x29,7 cm, 2017.
- ROZZA A. F. **Florística, fitossociologia e caracterização sucessional em uma floresta estacional semidecidual: Mata da Virgínia, Matão, SP.** Dissertação de Mestrado, Universidade Estadual de Campinas, Campinas – SP, 1997.
- SÃO PAULO (Estado SMA). **Atlas das unidades de conservação ambiental do Estado de São Paulo.** LEI N. 11.241, DE 19 DE SETEMBRO DE 2002. Dispõe sobre a eliminação gradativa da queima da palha da cana-de-açúcar e dá providências correlatas. Disponível em : <http://www.al.sp.gov.br/repositorio/legislacao/lei/2002/lei-11241-19.09.2002.html>. Acesso em 17 nov. 2015.
- SÃO PAULO. Instituto de Biociências. Universidade de São Paulo (USP). **Mata Atlântica.** 2009.
- SCHLITTLER, F.H.M. MARINIS G. CESAR O. **Estudos Fitossociológicos na floresta do Morro do Diabo (Pontal do Paranapanema, SP).** Arquivos de Biologia e Tecnologia 38:217-34. 1995
- SCOLFORO, J. R.; CARVALHO, L. M. T. (Ed.). **Inventário Florestal de Minas Gerais: Floresta Estacional Decidual - Florística, Estrutura, Similaridade, Distribuição Diamétrica e de Altura, Volumetria, Tendências de Crescimento e Manejo Florestal.** Lavras: UFLA, p.118-133, 2008.
- SETZER, J. **As características dos principais tipos de solos do Estado de São Paulo.** Bragantina, Boletim nº 4, p. 290, 359 p., 1941.
- SILVA, A. J. N.; CABEDA, M. S. V; **Compactação e compressibilidade do solo sob sistemas de manejo e níveis de umidade.** Revista Brasileira de Ciências do Solo, v. 30, p. 921-930, 2006.
- SILVA-FILHO S. R. & ENGEL V. L. **Estrutura de um fragmento de mata mesófila semidecidual secundária tardia e implicações para o manejo.** In anais do 1º congresso florestal pan-americano e 7º congresso florestal brasileiro, SBS Curitiba, p 343-352. 1993.

- SOUZA, Z. M.; PRADO, R. M.; PAIXÃO, A. C. S.; CESARINI, L. G. **Sistemas de colheita e manejo da palhada de cana-de-açúcar**. Pesquisa Agropecuária Brasileira, v. 40, p.271-278, 2005.
- STAPE, J. L. **Utilização de delineamento sistemático tipo “leque” no estudo de espaçamentos florestais**. Dissertação (Mestrado em Estatística e Experimentação Agronômica), Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz”- Universidade de São Paulo, Piracicaba, 1995.
- TASSO, Jr. L. C. **Caracterização agrotecnológica de cultivares de cana-de-açúcar (*Saccharum* spp.) na região centro-norte do estado de SÃO PAULO**. Tese (Doutorado) - Universidade Estadual Paulista, Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias. Jaboticabal - SP, 167 p., 2007.
- TERAMOTO, E. R. **Avaliação e aplicação de modelos de estimativa de produção de cana-de-açúcar (*Saccharum* spp.) baseados em parâmetros do solo e do clima**. Tese (Doutorado em Fitotecnia). Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz”, Universidade de São Paulo, 2003.
- TOME-JÚNIOR, J. B. **Manual para interpretação de análise de solo**. Ed. Agropecuária, 247 p., 1997.
- UFC – **Fisiologia Vegetal, Unidade II**. Disponível em: <http://www.fisiologiavegetal.ufc.br/Aulas%20em%20PDF%20PG/Unidade%20II.pdf>. 2019. Acesso em 17 fev. 2019.
- UFRB – **Fisiologia vegetal, 4 absorção e transporte**, disponível em: www2.ufrb.edu.br/mapeneo/downloads/category/10-relacoes-hidricas?...52: rh. Acesso em 17 fev. 2019.
- UNICA, União da Indústria da Cana-de-açúcar. **Dados sobre a cultura canavieira no Brasil**. 2015. Disponível em: <http://www.unicadata.com.br/historico-de-area-ibge.php?idMn=33&tipoHistorico=5>. Acesso em 04 set. 2015.
- VIANA, V. M.; PINHEIRO, L. A. F. V. **Conservação da biodiversidade em fragmentos florestais**. Série Técnica Ipef, Piracicaba, v. 12, p.25-42, dez. 1998.
- WATZLAWICK, L.F.; SANQUETTA, C.R.; VALERIO, A.F., SILVESTRI, R. **Caracterização da composição florística e estrutura de uma Floresta Ombrófila Mista, no Município de General Carneiro (PR)**. Ambiência, Guarapuava, v.1, p.71-82, 2005.

TERCEIRO CAPÍTULO. A RELAÇÃO ENTRE A DISTÂNCIA DE FRAGMENTO FLORESTAL E A ENTOMOFAUNA NA CANA-DE-AÇÚCAR

RESUMO

No município de Mombuca-SP localizado na Mesoregião de Piracicaba-SP, onde a altitude é cerca de 550 m e o clima é caracterizado como Cwa, com inverno seco e verão quente, com solos descritos como sendo da formação Botucatu, prioritariamente do tipo argiloso, litólicos com transição para Latossolo vermelho amarelo, foi feito um experimento com objetivo de verificar qual o nível de funcionalidade de uma floresta no que se refere ao apoio no manejo das principais pragas e parasitoides da cana-de-açúcar. Os insetos alvo deste estudo foram as espécies *Mahanarva fimbriolata* (cigarrinha-das-raízes), a Broca-da-cana-de-açúcar (*Diatraea saccharalis*). No primeiro ano a diversidade entomológica que era coletada foi classificada por ordem e separada segundo as características bioecológicas dos sub-grupos, considerando com critérios: nível trófico (carnívoros, herbívoros e decompositores) e status de insetos-praga da cana-de-açúcar e inimigos naturais. Foram estabelecidos três grupos: a) potencialmente benéficos: carnívoros e/ou decompositores; b) potencialmente misto: compreende tanto insetos-praga como inimigos naturais e c) potencialmente prejudiciais: exclusivamente herbívoros ou decompositores. O local do experimento foi ao redor da "Mata do Pinheirinho", localizado em Mombuca – SP, um fragmento com aproximadamente 214 de Floresta Estacional Semidecidual. Floresta bem conservada em termo de estrutura e composição florística com boa representatividade de espécies raras. Foi selecionado o método de coleta em campo de insetos em armadilhas do tipo Moericke com solução aquosa contendo sal e detergente. Foram estabelecidos ao redor do fragmento florestal oito transectos de 100 metros cada nas direções N, S, L, O, NE, SE, NO e SO e mais 6 pontos aleatoriamente distantes 300 m da borda do fragmento, totalizando 94 pontos amostrais. Foram dispostas 3 armadilhas por ponto amostral e feitas seis coletas no primeiro e seis coletas no segundo ano da pesquisa. Os insetos coletados eram identificados em campo e no laboratório de entomologia da ESALQ – USP, utilizando chaves de identificação e o conhecimento de entomologistas. Estimativas da média das coletas foram calculadas para cada distância, sendo cada transecto ou distante considerada como uma repetição (n=8, com 11 pontos amostrais em cada e n=6, respectivamente). As relações entre as variáveis foram analisadas por meio de GLMs de regressão log-linear e 'maximum likelihood' (método Quasi-Newton). A quantidade de cigarrinha-das-raízes coletada no cultivo de cana variou conforme a distância da mata, sendo menor na proximidade da mata. Já a broca-da-cana, apresentou uma leve tendência de aumento para maiores distâncias. No caso do parasitoide tachinideo, não foi observado efeito da distância da mata na quantidade coletada. A proporção de insetos potencialmente benéficos e potencialmente misto variou em função da distância da mata, sendo os potencialmente benéficos inversamente e os mistos diretamente proporcionais à distância da mata. Não houve influência da distância da mata na proporção de insetos potencialmente prejudiciais.

Palavras-chave: Manejo ecossistêmico; Manejo de pragas; Cana-de-açúcar

ABSTRACT

In the municipality of Mombuca-SP located in the Mesoregião of Piracicaba-SP, where the altitude is about 550 m and the climate is characterized as Cwa, with dry winter and hot summer, with soils described as being of the Botucatu formation, mainly of the clayey type,

with transition to Yellow Red Latosol, an experiment was carried out to verify the level of functionality of a forest in relation to the support in the management of the main pests and parasitoids of sugarcane. The insects targeted for this study were the Mahanarva fimbriolata (rootworm), the Sugarcane Broca (*Diatraea saccharalis*). In the first year the entomological diversity that was collected was classified in order and separated according to the bioecological characteristics of the subgroups, considering the following criteria: trophic level (carnivores, herbivores and decomposers) and status of sugarcane insect pests and natural enemies. Three groups were established: a) Potentially beneficial: carnivores and / or decomposers; b) potentially mixed: it comprises both pest insects and natural enemies and c) potentially harmful: exclusively herbivores or decomposers. The site of the experiment was around "Mata do Pinheirinho", located in Mombuca - SP, a fragment with approximately 214 of Semidecidual Seasonal Forest. Well conserved forest in term of structure and floristic composition with good representativity of rare species. The insect field collection method was selected in Moericke type traps with aqueous solution containing salt and detergent. Eight, 100, each transects in the N, S, L, O, NE, SE, NO, and SO directions were established around the forest fragment, and 6 points were randomly distant 300 m from the edge of the fragment, totaling 94 sampling points. Three traps per sampling point were arranged and six collections were made in the first and six collections in the second year of the research. The collected insects were identified in the field and in the entomology laboratory of ESALQ - USP, using identification keys and the knowledge of entomologists. Estimates of mean collection were calculated for each distance, each transect or distant being considered as a repetition ($n = 8$, with 11 sample points in each and $n = 6$, respectively). The relationships between the variables were analyzed by means of log-linear regression GLMs and 'maximum likelihood' (Quasi-Newton method). The amount of leafhopper collected in cane cultivation varied according to the distance of the forest, being smaller in the proximity of the forest. However, the sugarcane borer presented a slight tendency to increase for longer distances. In the case of the tachinid parasitoid, no effect of the distance of the forest on the amount collected was observed. The proportion of potentially beneficial and potentially mixed insects varied according to the distance of the forest, being the potentially beneficial inversely and the mixed ones directly proportional to the distance of the forest. There was no influence of forest distance on the proportion of potentially harmful insects.

Keywords: Ecosystem management; Pest management; Sugar cane

3.1. INTRODUÇÃO

A agricultura brasileira tem uma produção de grãos de 196,5 milhões de toneladas (Safrá 2015/2016) (EMBRAPA, 2017), além de 45 milhões de toneladas de frutas (EMBRAPA, 2017) e cerca de 18 milhões de toneladas de hortaliças (CONFEDERAÇÃO DA AGRICULTURA E PECUÁRIA DO BRASIL, 2016), e pouco mais de 646 milhões de toneladas de cana-de-açúcar (Safrá 2017/2018 estimada) (VERDÉLIO, 2017),

Pragas, são definidas como organismos que afetam de forma quantitativa e qualitativa a produção, ou seja, reduzindo o volume produzido e qualidade do produto final, seja por danos causados pelo ataque direto, ou por danos indiretos pela transmissão de doenças, como viroses (PICANÇO, 2010).

As pragas podem atuar de maneira sazonal ou periódica, podendo comprometer uma ou mais safras, isso porque as populações de insetos ou ácaros, tem comportamentos distintos, podendo sobreviver na palhada, em áreas de refúgio, ou até mesmo serem transportadas de outras áreas. As condições climáticas têm papel significativo ao que tange essas populações, uma vez que o vento é um agente que pode realizar esse transporte, além de que o clima é que irá proporcionar umidade e temperatura adequadas para que as pragas cresçam e se desenvolvam (BIERAS; SANTOS, 2003).

Tendo em vista o clima tropical do Brasil, com oferta de água, muitas vezes por irrigação e sem a ocorrência de invernos rigorosos para o controle de tais populações, se tem como resultado uma maior facilidade para a multiplicação de tais organismos.

Para enfrentar esse desafio de produzir em larga escala, em ambiente propício à ocorrência crescente de pragas, por décadas, os produtores utilizam os agroquímicos, como inseticidas e acaricidas, e a princípio muitos deles de amplo espectro, geralmente de alta toxidez, e elevado risco à saúde humana (FINKLER, 2012).

Isto levou ao processo de resistência de pragas, através da seleção artificial e indireta dos organismos capazes de sobreviver e completar seu ciclo de vida mesmo com as aplicações dos químicos. Isto, principalmente pelo uso intensivo e inadequado (AGRA; SANTOS, 2010). Segundo Agra e Santos (2010), até 1958 se tinha conhecimento de 193 pragas no Brasil, em oito anos essa estimativa foi para 593.

Por serem de amplo-espectro, esses produtos também reduziram as populações de inimigos naturais, além de se acumularem nos sistemas agrícolas, já que são compostos de degradação lenta (FINKLER, 2012).

Mesmo com a inserção no mercado de produtos de maior seletividade, o problema da resistência não se resolveu por completo, e uma das alternativas para as práticas de manejos de pragas agrícolas foi o uso de métodos de controle biológico. Em princípio, essa

metodologia consiste em diversas formas de impedir que pragas, plantas invasoras e doenças, se desenvolvam e causem perdas à produção agrícola (FINKLER, 2012).

O Manejo Integrado de Pragas (MIP), consiste não em uma única metodologia, mas em um sistema que adota distintos métodos que possibilitem o controle das pragas através de sua mortalidade natural, de forma a impedir que essas atinjam o nível de dano econômico, ou seja, uma população capaz de afetar negativamente a cultura a ponto de que seus danos reflitam em perdas econômicas.

Há três pontos chaves no MIP: a avaliação, em que é necessário identificar a presença do inseto na cultura; a tomada de decisão, a partir de amostragens e índices (como o Índice de Infestação), onde se analisa a população da praga, lembrando que é necessário levar em conta o Nível de Controle, que deve estar abaixo do Nível de Dano Econômico, para que seja viável o controle, e assim determinar se será preciso utilizar um controle artificial (químico, biológico aplicado ou comportamental); e a seleção do método de controle, a partir de parâmetros técnicos (eficácia de ação), econômicos (relação custo-benefício), ecotoxicológicos (impacto no meio ambiente e saúde humana) e sociológico (PICANÇO, 2010).

O manejo adequado visa estabelecer um nível de equilíbrio das populações de pragas, associando diferentes métodos como: o controle químico por meio de produtos seletivos ou toxinas naturais; a Resistência das plantas através de transgenia ou seleção de cultivares mais resistentes; a manipulação ambiental, onde se estabelece um controle comportamental, com uso de feromônio ou atraentes e repelentes; o controle biológico, por meio de parasitoides, predadores e patógenos, como fungos entomopatogênicos; e o controle cultural, que envolve práticas agrônomicas e o poli cultivo (PARRA; KOVALESKI, 2006).

No entanto, o MIP ainda não é amplamente utilizado, isso porque se trata de um sistema que requer a atuação conjunta e sincronizada de diferentes áreas: a fitopatologia, a entomologia, a fitotecnia, a fisiologia e nutrição de plantas, a ecologia, além de conhecimentos acerca de daninhas, genética e modelagem estatística (PARRA; KOVALESKI, 2006).

O conceito de controle de pragas com uso exclusivo de pesticidas químicos está mudando. O Manejo Integrado de Pragas (MIP) é uma abordagem alternativa que usa diferentes métodos de controle, inclusive químicos. Nessa abordagem, as tecnologias biológicas que se utilizam de organismos vivos, como os inimigos naturais (predadores, parasitoides e microrganismos) são as mais utilizadas e apresentam grande potencial de uso (de NARDO; CAPALBO, 1998).

O controle biológico é baseado principalmente no controle microbiano (biopesticidas) de fungos fitopatogênicos, insetos-praga, plantas daninhas, vetores de transmissores de doença e artrópodes associados a doenças de plantas (MELO, 1998).

Os biopesticidas contêm como ingrediente ativo um microrganismo que pode ser vírus, bactéria, fungo ou protozoário, formulados ou não, aplicados de maneira similar a um pesticida

químico, normalmente usados para uma redução rápida da população de uma praga. Entretanto, não se deve esperar que os biopesticidas sejam totalmente inócuos a organismo não-alvo. As mesmas propriedades que lhes conferem eficiência como agentes de controle, ou seja, patogenicidade, toxicidade e deslocamento competitivo, são as mesmas que estão associadas a seus danos potenciais a organismos benéficos (de NARDO; CAPALBO, 1998).

O controle biológico de pragas agrícolas pode ser uma estratégia agroecológica, onde o controle biológico é feito *in situ*, de forma a criar condições para a ocorrência de insetos predadores ou parasitoides e não como um insumo adquirido que muitas vezes mantém o agricultor em uma rota de dependência de agentes externos a seu cultivo (ALTIERI; ROSSET; NICHOLLS, 1997).

O uso de mecanismos naturais para o controle de pragas é uma estratégia ampla, com diversas frentes técnicas sendo desenvolvidas, como os sistemas agroflorestais, os adubos naturais, a ampliação da diversidade biológica e agrícola, entre outros (GLIESMAN, 2007).

Estudos mostram que a diversidade arbórea interna a um sistema agroflorestal é mais eficiente na criação de agentes combatentes, como exemplo a broca-do-café, *Hypothenemus hampei* na cultura do café, resultando em uma efetiva estratégia de controle desta praga (LOPES, 2014).

Agricultores e técnicos agrícolas ligados a diversos tipos de manejos e cultivos agrícolas são recorrentes em apontar áreas de fragmentos, pastos sujos e áreas sem uso agrícola, como áreas onde as pragas se mantêm e proliferam independentemente dos controles feitos nos locais onde se pratica agricultura (COLL; WAJNBERG, 2017).

Nestas áreas normalmente espécies vegetais exóticas e nativas que abrigam as pragas e doenças podem se tornar fatores de acréscimo de tais problemas agrícolas.

Outros elementos potencialmente patogênicos possuem relação com diferentes meios de dispersão, como exemplo temos algumas espécies de fungos dispersos pelo vento e que se deslocam por grandes áreas (SCHROTH et al., 2000).

São relativamente frequentes as citações de que as presenças das pragas agrícolas estão inversamente relacionadas à presença do componente florestal e provoca sérias perdas na produtividade, especialmente nas fases iniciais de crescimento (LOPES, 2014).

Tendo em vista a proporção da produção nacional de cana-de-açúcar e a condição semi-perene da cultura, se torna mais perceptível a necessidade de grande atenção à ação de pragas e doenças.

As pragas em cana podem representar perdas econômicas significativas dependendo da intensidade da infestação e da área afetada. As principais pragas podem ser divididas em dois grupos: as que atacam a parte subterrânea da planta, afetando o colo e a raiz, e as de ataque à parte aérea, afetando folhas e o colmo. No primeiro grupo tem-se: o coleóptero *Migdolus* spp.; os cupins (*Cornitermes striatus* e *Mirotermes saltans*), além das cigarrinhas-

das-raízes, sendo a principal na região centro-sul do país a *Mahanarva fimbriolata* (Stål, 1854); e o percevejo castanho (*Scaptocoris castanea*). No segundo grupo se destacam: as cigarrinhas-das-folhas (*Mahanarva posticata* (Stål, 1855), os pulgões (*Rhaphalosiphum maidis*); as lagartas de lepidópteros como o a Lagarta Elasm (*Elasmopalpus lignosellus*) e a broca-da-cana-de-açúcar (*Diatraea saccharalis*); além dos gorgulhos (*Sphenophorus levis* Vaurie e *Metamasius hemipterus*) (GALLO, 1968; SILVA, 1983; GARCIA, 2013). Dentre essas, as de maior expressão atualmente na região da cidade de Piracicaba, se estendendo a Mombuca (SP), são a broca e a cigarrinha das raízes.

Atualmente, as usinas de processamento de cana-de-açúcar têm tomado como controle da cigarrinha o uso do biopesticida a base do fungo *Metarhizium anisopliae*, com resultados positivos da aplicação desde a década de 70. O mesmo biopesticida é usado para o controle da cigarrinha-das-pastagens com eficiência razoável (AZEVEDO, 1998).

Por outro lado, os agroquímicos empregados no manejo da cana-de-açúcar podem afetar a ação de fungos entomopatogênicos usados no controle biológico de pragas da cultura. Alguns estudos investigaram se os inseticidas, herbicidas e maturadores utilizados no manejo da cana-de-açúcar têm efeito tóxico sobre os fungos *Beauveria bassiana* e *M. anisopliae*. Segundo esse trabalho, os agroquímicos usados no manejo da cana-de-açúcar, e que foram testados no estudo, têm majoritariamente efeito tóxico sobre *B. bassiana* e *M. anisopliae* podendo comprometer sua ação como bioagentes de controle de pragas da cultura (BOTELHO; MONTEIRO, 2011).

Alguns dos problemas associados com o uso de pesticidas incluem, não raramente, falhas no controle de patógenos (resistência de populações de patógenos), contaminação ambiental e danos à saúde humana. Produtos aplicados no solo, como fungicidas, por exemplo, contaminam águas superficiais e subterrâneas. Esses e outros motivos, tem exigido maiores esforços para desenvolvimento e implementação de programas de controle biológico (MELO, 1998).

Os ecossistemas são o meio e tem os agentes necessários para que relações de permanência e alimentação de insetos e outros organismos sejam viáveis, e desta forma pode através de seu manejo, se colocar como uma agente importante na busca de indicadores positivos no campo da agricultura, por exemplo, fornecendo os mecanismos para efetivação de um controle biológico e ambiental sobre pragas na agricultura (NICHOLLS; ALTIERI, 2007).

A Broca-da-cana-de-açúcar (*D. saccharalis*), é uma mariposa (Lepidoptera) nativa da América que também ataca milho, sorgo e arroz (CRISTOFOLETTI, 2014).

Seu ciclo consiste na postura de 200 a 400 ovos nas folhas e bainha da cana, após a eclosão dos ovos tem-se as larvas que nos primeiros instars se alimentam de tecidos de crescimento (parenquimatoso), e conforme vão para os instars mais avançados se abrigam

no interior do colmo, o que resulta nas galerias de broqueamento. Após a larva atingir seu máximo desenvolvimento, transforma-se em pupa e em seguida se torna adulto. Forma adulta da espécie é uma pequena mariposa de coloração esbranquiçada e cerca de 25mm de envergadura. As fêmeas adultas e virgens então emitem um feromônio de atração ao macho, propiciando o acasalamento. Todo esse ciclo tem duração variável de 40 a 76 dias devido a fatores climáticos, ambientais e da própria planta. Variações das condições ambientais favoráveis ao desenvolvimento dos insetos, bem como a presença de inimigos naturais podem gerar flutuações nas populações dessa praga, implicando em seu ciclo biológico, principalmente devido à ação parasitoide nos ovos. Também se sabe que uma maior adubação na planta, com destaque para o uso de vinhaça também está relacionada a maior incidência de ataque, uma vez que a planta bem nutrida oferece melhor substrato para a broca se desenvolver (SILVA, 1983. SILVA, 2019).

Segundo Cristofolletti (2014), os danos causados pela perfuração do colmo incluem problemas de germinação, morte da gema apical, tombamento da planta, germinação de gemas laterais, encurtamento de entrenós enraizamento aéreo e perda de peso pela alimentação do inseto. Além disso, as galerias nos colmos broqueados permitem a entrada de microrganismos oportunistas como fungos relacionados à podridão vermelha, o que leva à redução da pureza do caldo no posterior processamento.

A broca-da-cana ocorre durante todo o desenvolvimento da cultura, entretanto, sua incidência é maior quando a planta já possui entrenós formados. A cana de ano e meio, que é plantada no começo do ano, geralmente é mais atacada pela broca no verão, e na cana de ano, plantada em setembro-outubro, o ataque é mais intenso no inverno e na maioria dos casos o controle é feito unicamente com produtos químicos (SANDOVAL; SENÔ, 2010).

O nível de controle para essa praga é medido pela Intensidade de Infestação (I.I.), que consiste em calcular a partir das amostras a porcentagem de entrenós broqueados em relação ao número total de entrenós avaliados. Uma I.I. acima de 3% já sinaliza a necessidade de controle, pois para cada 1% de I.I. tem-se uma perda de 0,77% em peso da cana no campo, 0,25% de perda de açúcar e 0,20% de perda de álcool na indústria. Considerando uma infestação de podridão vermelha em 10% dos colmos, e levando em conta que a ação da broca pode reduzir de 10 a 20% o teor de sacarose, as perdas podem chegar a US\$100 milhões por ano no estado de São Paulo (GITAHY et al., 2006).

No geral, o controle natural da broca é capaz de atingir 80% ou mais da população, por meio de predadores, parasitoides, alguns patógenos que atacam os ovos, e das condições climáticas, principalmente da temperatura, que reduz o número de ovos viáveis. No entanto, é possível utilizar o controle biológico, através do parasitoide *Cotesia flavipes*, que já é criado em laboratório para uso a nível comercial.

As liberações desse parasitoide tiveram início em 1977, com pico em 1994, e pode-se observar uma queda nas infestações de 7% (em 1975) para 2% nos últimos anos. Levando em conta que a área de cana aumentou nas últimas décadas, e que as novas variedades plantadas têm maior rendimento de açúcar, e em paralelo, menor resistência às pragas e doenças, é notável a contribuição desse parasitismo para a manutenção de uma população baixa da broca e o controle do seu impacto na produção da cultura no estado de São Paulo (BOTELHO; MACEDO, 2002).

Outras espécies de insetos também oferecem potencial de controle, mas as pesquisas ainda são limitadas, como o Hymenoptera trazido dos EUA, *Allorhogas pyralophagus* (Braconidae) e o *Trichogamma galloi* (Hymenoptera, Trichogrammatidae). As Dipteras nativas *Paratheresia claripalpis* e *Metagonistylum minense* são duas Tachinidae que já foram estudadas, mas não se mostraram tão atrativas quanto a *Cotesia* (BOTELHO, 1992).

Uma praga importante é a cigarrinha, sendo as duas principais espécies a *Mahanarva posticata* (cigarrinha-das-folhas) e a *Mahanarva fimbriolata* (cigarrinha-das-raízes), que além da cana, ataca outras gramíneas como os capins e as gramas (GALLO et al., 2002).

A alteração no manejo da cana, no que diz respeito a colheita e a palhada sobre o solo, influenciaram para ao aumento da importância dessa praga, uma vez que o clima é o principal fator que age sobre sua população, a temperatura quente e a umidade no solo proporcionada pela presença de palhada, além do fim do uso da queima da cana permitiram um ambiente favorável para as cigarrinhas que se tornaram um problema maior no Centro-Sul (CANASSA, 2014).

O ciclo da cigarrinha consiste na postura dos ovos pelas fêmeas durante a época mais úmida do ano, na base da touceira ou em bainhas secas, ou até mesmo sobre o solo, próximo ao colmo. Após 15 a 20 dias as ninfas eclodem e se deslocam em direção a parte radicular da planta, onde se fixam e sugam a seiva, como também exsudam uma espuma que as protegem e impede de desidratar, assim ficam por 30 a 40 dias, para passarem por 5 instars. Ao chegarem a fase adulta, esta dura mais 15 a 20 dias, o que totaliza um ciclo de 65 a 80 dias, o que permite a ocorrência de até três gerações durante o período chuvoso. Já no período seco, os ovos podem apresentar diapausa, ou seja, redução do metabolismo e retardo na eclosão até que as condições ambientais estejam favoráveis (ALMEIDA; STINGEL; ARRIGONI, 2008).

A *M. fimbriolata* é a mais comum no estado de São Paulo e ataca as soqueiras. A espécie tem cerca de 13mm de comprimento e 6,5mm de largura, e apresenta dimorfismo sexual, onde os machos tem coloração vermelha e a tégmina com detalhes pretos, enquanto que a fêmea tem a tégmina de coloração marrom-avermelhada (GALLO et al., 2002).

Os danos ocasionados por essa praga incluem a “queima” das folhas, onde é possível observar um estriamento longitudinal e amarelado no limbo foliar, além de enrolamento da

ponta da folha, isso tudo devido a sucção realizada pelo inseto. Altas populações e um ataque intenso podem levar ao encurtamento dos entrenós, o definhamento da planta, e a perda de açúcar.

No Nordeste, estudos já mostraram que em Pernambuco a ação da cigarrinha já acarretou em até 17% de perda de açúcar. No estado de São Paulo, já se verificou uma redução de 1,5% em açúcar, ocasionando um prejuízo de 11% na produtividade, principalmente nos cortes seguintes à cana-planta (GALLO et al., 2002).

A deterioração da cana no campo pode ocasionar posterior contaminação no processo industrial (ALMEIDA; STINGEL; ARRIGONI, 2008).

Segundo Dinardo-Miranda e Gil (2007) e uma pesquisa realizada na cidade de Itacemópolis - SP, na Usina Itacema, mostrou que o nível de dano econômico da cigarrinha-das-raízes (*M. fimbriolata*) para a cana colhida em novembro, fim de safra, é de 3 a 5 cigarrinhas/m, e também mostrou que os valores de ATR da planta só irão ser diretamente afetados caso a população esteja muito alta, no entanto, a produtividade dos colmos é afetada diretamente pelo ataque do inseto, o que indiretamente tende a influenciar o valor de ATR.

O trabalho de Dinardo-miranda e Gil (2007) mostrou que a área testemunha produziu 68,9t/ha de colmos e 12,3 t/ha de ATR, já a área tratada com thiamethoxam para o controle químico do inseto produziu em média 82,6 t/ha de colmos e 14,87 t/ha de ATR.

Para o controle dessa praga, além do químico, é utilizado o controle biológico por meio do fungo-verde (*Metarhizium anisopliae*) em nível comercial (ALMEIDA; STINGEL; ARRIGONI, 2008) (BATISTA-FILHO et al., 2003).

Com a aplicação de pelo menos 200g de esporos viáveis por hectare. Também há o Díptera *Salpingogaster nigra* (Syrphidae), uma mosca com elevado potencial, predadora de ovos da cigarrinha, mas que ainda não foi desenvolvida em laboratório (GALLO et al., 2002).

A queima da palha de cana antes da colheita é considerada uma forma de controle cultural da cigarrinha, pois permite a destruição de suas formas biológicas (ovos, ninfas e adultos), especialmente dos ovos em diapausa (MORAES; ÁVILA, 2014).

A diversidade arbórea é comprovadamente um fator de estabilidade na ocorrência de insetos praga quando instalada no interior dos agroecossistemas voltados ao cultivo de café e diversos outros cultivos agrícolas, sendo que o uso de agroflorestas é indicado inclusive em processos de restauração ecológica de ecossistemas (VIEIRA; HOLL; PENEIREIRO 2009; LOPES, 2014).

A perda de diversidade acarreta numa perda proporcional de insetos artrópodes como em estudos feitos em áreas de café, que em contrapartida mostra que manter pequenas taxas de biodiversidade arbórea já afeta estas ocorrências positivamente, o que sugere a valorização de agroecossistemas indígenas e tradicionais (PERFECTO et al., 1997).

A investigação dos benefícios agrônômicos que as florestas podem trazer são relativamente recentes necessitando de mais estudos na área (GLIESMAN, 1998; KAGEYAMA, 2000; TOMAS, 2010; FRANCO, 2013; ALTIERI et al., 2015).

Muitas publicações têm como ênfase expor os diversos benefícios que o componente florestal traz aos cultivos, como aumento de umidade relativa dos agroecossistemas, contenção a processos erosivos e controle de algumas doenças agrícolas, sendo que sua função no controle de pragas ainda é pouco estudada e divulgada (ALTIERI, 1998; TOMAS et al., 2009; LOPES, 2014).

Diversos fatores podem influenciar a ocorrência de insetos pragas e doenças em um cultivo agrícola, como a climatologia, as variedades de cultivares, os solos, o manejo agrícola entre outros (TOKESHI, 2002).

Este trabalho teve como objetivo verificar se um fragmento florestal, diversificado em composição arbórea e rico em espécies raras, possui função ecológica no manejo de pragas do agroecossistema da cana-de-açúcar ao influenciar a entomofauna de cultivos adjacentes.

3.1.1. Hipótese e justificativas

Foi verificada a hipótese de que um fragmento florestal conservado e rico em diversidade arbórea tem efeito positivo na diminuição da ocorrência das principais pragas na cultura da cana-de-açúcar.

Culturas agrícolas como a cana-de-açúcar vêm sofrendo com maiores ocorrências de insetos praga, o que traz prejuízos ambientais, econômicos e sociais a esta atividade.

O desenvolvimento de novas estratégias e métodos de manejo que possam auxiliar no controle destes elementos de impacto negativo é importante para a sustentabilidade da cultura canavieira e da sociedade e meio ambiente.

O uso de florestas como elemento de controle e manejo de pragas agrícolas têm função permanente e custos que são diluídos ao longo do tempo e das diferenças positivas em produtividade.

3.2. OBJETIVOS

Objetivo geral.

Auxiliar na busca e criação de novos métodos de manejo e controle de pragas agrícolas especialmente com a cultura da cana-de-açúcar.

Objetivos específicos.

Quantificar o nível de infestação dos insetos cigarrinha das raízes e broca da cana-de-açúcar, bem como identificar e classificar os insetos em categorias gerais, além dos da Ordem Díptera e família Tachinidae, que são parasitoides destes insetos praga, em função do distanciamento de um fragmento florestal com alto grau de conservação e rico em espécies arbóreas importantes da Mata Atlântica.

3.3. MATERIAL E MÉTODOS

3.3.1. Local

O local do trabalho situa-se em uma área de fragmentação florestal cercada com cultivos de cana-de-açúcar no município de Mombuca-SP localizado na Mesoregião de Piracicaba - SP, onde a altitude é cerca de 550 m e o clima é caracterizado como Cwa com inverno seco e verão quente segundo a classificação de Köppen (ALVARES et al., 2013).

Os solos da região de Mombuca podem ser descritos como sendo da formação Botucatu, prioritariamente do tipo argiloso, litólicos com transição para Latossolo vermelho amarelo (ROSSI, 2017).

- **Diversidade arbórea da mata**

A Mata do Pinheirinho presente na área de abrangência do estudo é um fragmento de floresta estacional semidecidual com aproximadamente 214 ha. Com relação aos indivíduos arbóreos adultos. O levantamento da diversidade arbórea realizado no local permitiu a verificação de 67 espécies arbóreas diferentes, num total de 224 indivíduos amostrados. Muitas destas espécies presentes no local são identificadas como de espécies raras, apresentando tal fragmento um nível de diversidade considerado médio/alto por diversos indicadores de diversidade apresentados por Caiafa e Martins (2010).

Tal área é visivelmente diferenciada dos fragmentos florestais próximos da região no que se refere ao seu estado de conservação e dimensões em tamanho.

- **Característica da área de cana no entorno da mata**

Toda a área de cana-de-açúcar que cerca a mata do Pinheirinho é cultivada com a mesma variedade da cultura, a RB867515 do CTC, estando em seu segundo ano de cultivo na ocasião do início do trabalho em 2017.

A variedade é considerada resistente à cigarrinha-das-raízes e, relativamente, de alta susceptibilidade à broca-da-cana (TASSO, 2007; CTC, 2017).

A área é manejada pela Coplacana com as mesmas práticas de cultivo em todos os talhões. O sistema de produção segue cultivo mínimo com manutenção da palhada, totalmente mecanizado assim como a colheita. Pulverizações de agrotóxicos são feitas por gás-tanque e área é fértil-irrigada com vinhaça frequentemente.

Os cultivos seguem um programa de manejo integrado de pragas (MIP) com monitoramento periódico das principais pragas e doenças.

3.3.2 Levantamento da entomofauna

- **Amostragem**

O levantamento da entomofauna no cultivo de cana seguiu o método de delineamentos sistemáticos em transectos ao redor da mata do Pinheirinho.

Esse tipo de delineamento experimental foi adotado devido à possibilidade de coletas rotineiras para a formação de um panorama local da presença de insetos em um mesmo ponto ao longo do tempo (STAPE, 1995).

A necessidade de se localizar os pontos amostrais e as armadilhas instaladas no campo seguindo delineamento sistemático em transectos, com pontos equidistantes nas direções cardeais foi um dos motivos que promoveram a escolha do método.

Foram estabelecidos ao redor do fragmento florestal oito transectos de 100 metros cada nas direções N, S, L, O, NE, SE, NO e SO e mais 6 pontos aleatoriamente distantes 300 m da borda do fragmento, totalizando 94 pontos amostrais.

Para amostragem dos insetos, cada transecto recebeu a marcação de 11 pontos equidistantes em 10 metros. Em cada ponto amostral, foram instaladas 3 armadilhas de coleta tipo Moericke próximas umas das outras. O levantamento da entomofauna foi focado em dois principais insetos-praga de importância econômica e um inimigo natural que ocorrem na região: cigarrinha das raízes (*Mahanarva fimbriolata*) e broca-da-cana (*Diatraea saccharalis*) como pragas, e o parasitoide do gênero *Paratheresia* sp. (Díptera: Tachinidae) como inimigo natural.

A cigarrinha-das-raízes e a broca-da-cana possuem metodologias próprias de coleta para amostragem (ARRIGONI, 2014).

A amostragem tradicional da broca segue o hábito agregado do inseto, e a coleta das lagartas é pelo corte de colmos e contagem do número de indivíduos no interior (CARVALHO, 2012).

Para a cigarrinha, é contabilizado o número de plantas com presença de espuma no ponto amostral. A cigarrinha pode ser identificada pela espuma que deposita em solo a partir do momento em que deposita seus ovos junto às raízes (GALLO et al., 2002; GRISOTO et al., 2014).

Como os insetos de interesse no presente trabalho possuem diferentes métodos de amostragem e, de acordo com os métodos disponíveis na ocasião para coleta de diversos grupos de insetos, foram utilizadas armadilhas do tipo Moericke pela capacidade de coleta dos dois principais insetos em foco neste estudo e demais elementos da fauna entomológica em geral (GIOMETTI, 2009; DIAMANTINO et al., 2014; DENUNCIO, 2015; SILVA, 2015. (PURCELL, 1994; YAMAMOTO et al., 2001; STINGEL, 2005).

Devido ao fato do rápido crescimento da cana-de-açúcar (COSTA et al., 2011), as coletas de insetos foram realizadas somente nos 6 primeiros meses após o início do ciclo da cultura, enquanto as plantas não "fecharam" totalmente a área e ainda foi possível a instalação das armadilhas.

Durante os meses de setembro a fevereiro dos anos de 2017 e 2018, foram feitas coletas mensais em todos os pontos de amostragem. Na primeira quinzena de cada mês, as armadilhas eram instaladas com a solução de água, detergente e sal de cozinha (GIOMETTI, 2009; SILVA, 2015) e permaneciam no campo por 5-6 dias. Após esse período, os insetos coletados nas 3 armadilhas de cada um dos pontos eram separados da solução aquosa por peneiramento e acondicionados em álcool 70% em potes plásticos devidamente identificados. As armadilhas eram então retiradas do campo para posterior instalação na primeira semana do próximo mês, e os insetos coletados levados ao Departamento de Entomologia da ESALQ-USP para identificação com auxílio de estereomicroscópios e manuais de identificação das principais pragas (ZUCCHI; SILVEIRANETO, NAKANO, 1993; GALLO et al., 2002; PINTO; BOTELHO; OLIVEIRA, 2009).

No primeiro ano (2017) do levantamento da entomofauna, foram identificadas as principais pragas coletadas nas armadilhas e a diversidade geral de insetos contida nas armadilhas. No segundo ano (2018), a partir dos primeiros resultados com as coletas de insetos, passou-se a quantificar além dos insetos praga, as espécies de dípteras – Tachinidae como a *Paratheresia claripalpis* e *Paratheresia Lydella* (MACEDO & MACEDO, 2004).

3.3.3. Análise dos dados

A média das coletas foi calculada para cada distância, sendo cada transecto ou distante considerada como uma repetição ($n=8$ e $n=6$, respectivamente). As relações entre as variáveis foram analisadas por meio de GLMs de regressão log-linear e 'maximum likelihood' (método Quasi-Newton), utilizando o pacote estatístico R (R Core Team, 2014).

Para avaliação da diversidade da entomofauna, os insetos coletados foram classificados conforme a ordem, e essas foram agrupadas conforme as características bioecológicas de subgrupos, grupos menores ali compreendidos, por exemplo: nível trófico (carnívoros, herbívoros e decompositores) e status de insetos-praga da cana-de-açúcar e inimigos naturais. Dessa forma, foram estabelecidos três grupos: a) potencialmente benéficos: carnívoros e/ou decompositores, não compreende insetos-praga, compreende inimigos naturais, corresponde à Díptera, Neuroptera, Dermaptera, Blattaria e Aranhas; b) potencialmente misto: compreende tanto insetos-praga como inimigos naturais, corresponde a Coleóptera, Himenóptera e Hemíptera; c) potencialmente prejudiciais: exclusivamente herbívoros ou de hábito carnívoro decompositor que compreendem insetos-praga, não compreende inimigos naturais, corresponde a Isoptera, Lepidóptera e Orthoptera. O total coletado foi calculado para cada distância, sendo cada transecto ou ponto distante considerado como uma repetição ($n=8$ e $n=6$, respectivamente). Foram estimadas as proporções de cada grupo em relação ao total coletado em cada distância, e a proporção de cada distância no total coletado de cada grupo. As relações entre as variáveis foram analisadas por meio de GLMs de regressão logística e 'maximum likelihood' (método Quasi-Newton) considerando distância como variável categórica. Utilizou-se o pacote estatístico R (R Core Team, 2014).

3.4. RESULTADOS E DISCUSSÃO

A quantidade de cigarrinha-das-raízes coletada no cultivo de cana variou conforme a distância da mata ($F_{(1, 92)} = 9,93$; $P=0,0022$), sendo menor na proximidade da mata (Figura 17).

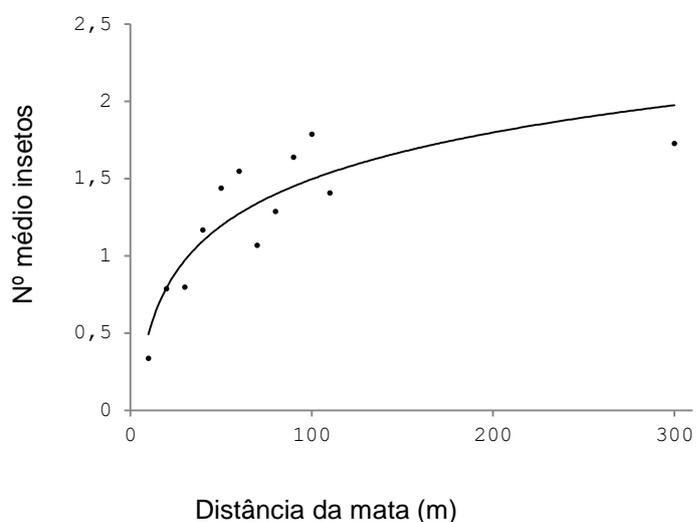


Figura 17 Número médio de cigarrinhas-das-raízes em cultivo de cana-de-açúcar conforme distância da mata.

A distância da mata também teve influência na quantidade de broca-da-cana ($F_{(1, 92)}=4,26$; $P=0,04$), com uma leve tendência de aumento para maiores distâncias (Figura 18).

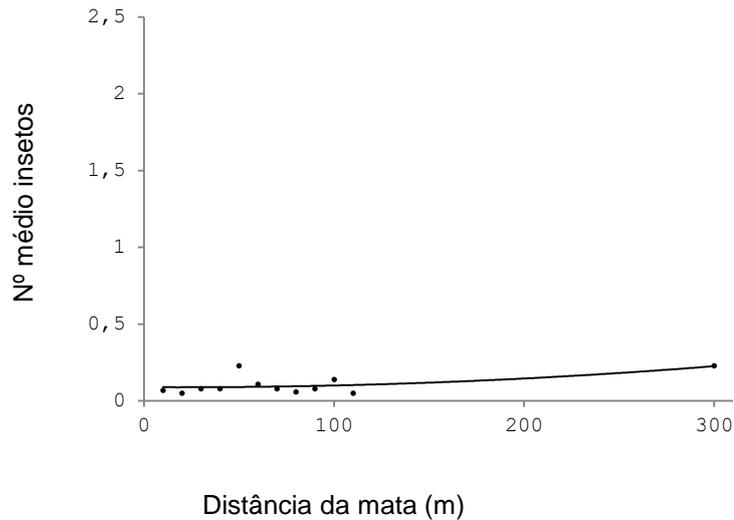


Figura 18. Número médio de adultos de broca-da-cana em cultivo de cana-de-açúcar conforme distância da mata do Pinheirinho em Mombuca-SP

No caso do parasitoide díptera-Tachinidae não foi observado efeito da distância da mata na quantidade coletada ($F_{(1, 92)}=1,71$; $P=0,19$) (Figura 19).

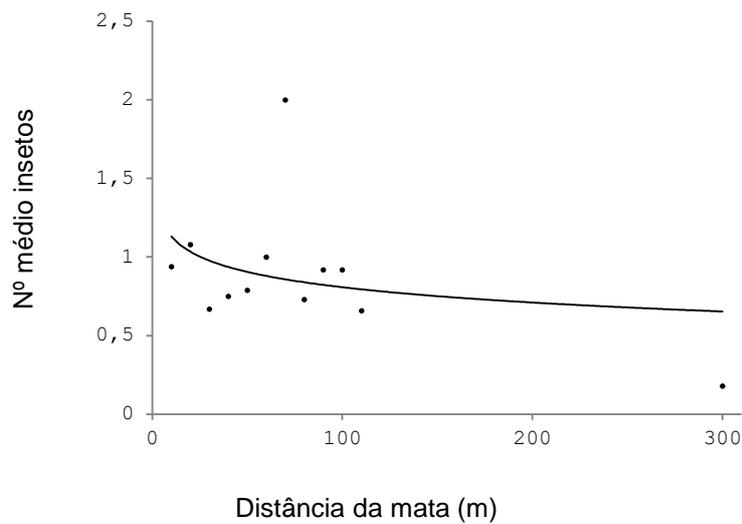


Figura 19. Número médio de parasitoides tachinídeos em cultivo de cana-de-açúcar conforme distância da mata do Pinheirinho em Mombuca-SP.

3.4.1 Diversidade relativa

A proporção de insetos potencialmente benéficos e potencialmente misto variou em função da distância da mata ($F_{(11, 82)}=3,03$ e $P=0,002$ para benéficos; $F_{(11, 82)}=2,61$ e $P=0,007$ para mistos respectivamente), sendo os potencialmente benéficos inversamente, e os mistos, diretamente proporcionais à distância da mata (Figura 20). Não houve influência da distância da mata na proporção de insetos potencialmente prejudiciais ($F_{(11, 82)}=1,48$; $P=0,15$).

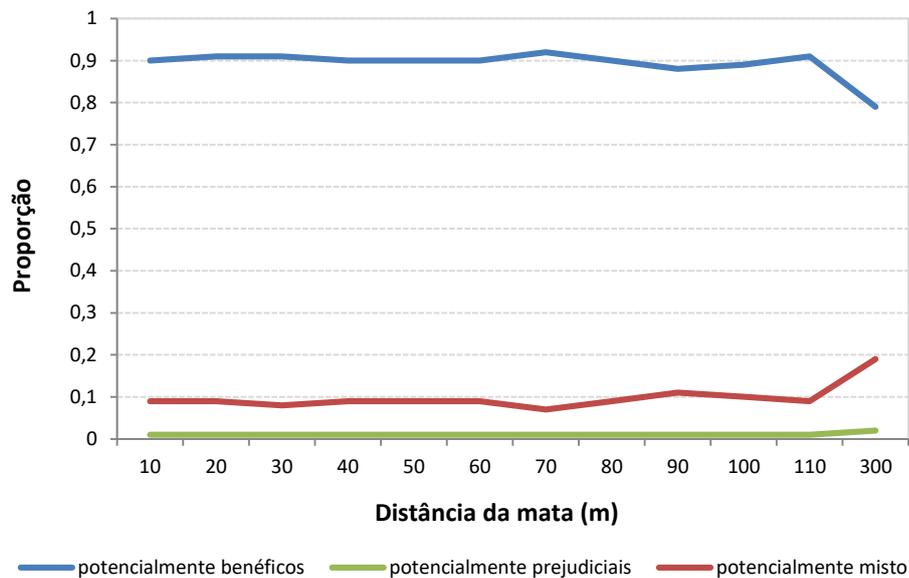


Figura 20. Diversidade relativa (proporção) da entomofauna potencialmente benéfica, prejudicial e mista coletadas em armadilhas Moericke em cultivo de cana conforme a distância da mata do Pinheirinho em Mombuca-SP.

O grupo de insetos potencialmente mistos engloba Himenóptera, que por sua vez corresponde a uma série de insetos benéficos, mas também às formigas que são caracterizadas como pragas da cana-de-açúcar. O mesmo acontece com a ordem Coleóptera também englobada nesse grupo. À essa ordem pertencem pragas de grande importância econômica (Migdolus, gorgulho da cana) como também besouros predadores da família Carabidae e joaninhas. A ordem Hemíptera, também agrupada como potencialmente misto compreendem tanto a cigarrinha-das-raízes quanto percevejos predadores.

3.5. CONCLUSÕES

Os dados sobre a quantidade dos insetos praga amostrados neste experimento demonstram que houve uma alteração relacionada ao aumento da ocorrência destes à medida que ocorre o distanciamento do fragmento florestal estudado.

Em relação à díptera parasitoide coletada a partir do segundo ano do experimento não foi notada variação populacional ou de ocorrência sob afastamento da área florestada, devido ao comportamento onívoro destes insetos e sua capacidade de deslocamento se mantiveram com distribuição praticamente homogênea ao longo dos transectos com armadilhas entomológicas.

Em relação à diversidade total de insetos que ocorriam nas armadilhas a categoria de insetos potencialmente benéficos à cultura da cana-de-açúcar variou positivamente à medida

que a mata se aproximava, e de forma decrescente para esta aproximação em relação aos insetos potencialmente mistos sendo que os potencialmente prejudiciais não tiveram variação notada.

Concluiu-se que a presença do componente florestal com alto grau de conservação e rico em espécies arbóreas exerce papel regulador e moderador gradual de acordo com a proximidade sob os principais insetos praga da cultura da cana-de-açúcar.

REFERÊNCIAS

- AGRA, N. G.; SANTOS, R. F. **Agricultura brasileira: Situação atual e perspectivas de desenvolvimento**. Areia: UFPb. 9 p.
- ALMEIDA, L. C.; STINGEL, E.; ARRIGONI, E. B. **Monitoramento e controle de pragas da cana-de-açúcar**. CTC - Centro de Tecnologia Canavieira, 2008. 7 p.
- ALTIERI, M.A.; ROSSET, P.M.; NICHOLLS, C.I. **Biological control and agricultural modernization: Towards resolution of some contradictions**. *Agriculture and Human Values*, v. 14, p. 303–310, 1997.
- ALTIERI, M.A. **Agroecologia: a dinâmica produtiva da agricultura sustentável**. Porto Alegre: Ed. UFRGS, 110 p., 1998.
- ALTIERI, M. A.; NICHOLLS C. I.; HENAO A.; LANA M. A. **Agroecology and the design of climate change-resilient farming systems**. *Agronomy for Sustainable Development*, v. 35, p. 869–890, 2015.
- ALVARES, C.A.; STAPE, J.L.; SENTELHAS, P.C.; de MORAES GONÇALVES, J. L.; SPAROVEK, G. **Koppen's climate classification map for Brazil**. *Meteorologische Zeitschrift*, v. 22, p. 711-728, 2013.
- ARRIGONI, E. B. **Monitoramento e controle de pragas da cana-de-açúcar**. Centro de Tecnologia Canavieira, Protocolo de monitoramento e manejo de pragas nos polos do CTC. Piracicaba-SP, jan. 2014.
- AZEVEDO, J.L. **Controle microbiano de insetos-praga e seu melhoramento genético**. In: Azevedo, L.J.; Melo, I.S. (ed). *Controle biológico*. Embrapa, São Paulo, p. 69-96, 1998.
- BATISTA FILHO, A.; ALMEIDA, J.E.M.; SANTOS, A.S. **Eficiência de isolados de *Metarhizium Anisopliae* no controle de cigarrinha-da-raiz da cana-de-açúcar *Mahanarva fimbriolata* (Hom.: Cercopidae)**. *Arquivos do Instituto Biológico*. São Paulo, v. 70, p. 309-314, 2003.
- BIERAS, A. R.; SANTOS, M. J. Z. **Condições climáticas e incidência de pragas e doenças na cultura de citros nas principais regiões produtoras do estado de São Paulo**. In: GERARDI, Lucia Helena de Oliveira (Org.). **Ambientes: estudos de Geografia**. Rio Claro: Programa de Pós-graduação em Geografia - Unesp - Rio Claro-sp, 2003. p. 135-150.

- BOTELHO, P. S. M. **Quinze anos de controle biológico da *Diatraea Saccharalis* utilizando parasitoides**. Embrapa Informação Tecnológica, n. 27, p.255-262, 1992.
- BOTELHO, P. S. M.; MACEDO, N. **Casos de sucesso do controle biológico aplicado no Brasil: *Cotesia flavipes* para o controle de *Diatraea saccharalis***. In: PARRA, José Roberto P. et al (Ed.). *Controle Biológico no Brasil: Parasitoides e Predadores*. São Paulo: Manole, 2002. Cap. 25. p. 409-426.
- BOTELHO, A.A.A.; MONTEIRO, A.C. **Sensibilidade de fungos entomopatogênicos a agroquímicos usados no manejo da cana-de-açúcar**. *Bragantia*, Campinas, v. 70, n. 2, p.361-369, 2011.
- CAIAFA, A. N.; MARTINS, F. R. **Forms of rarity of tree species in the southern Brazilian Atlantic rainforest**. *Biodivers Conserv*, v. 19, p. 2597–2618, 2010.
- CANASSA, Fernanda. **Distribuição espacial, efeito do manejo da palha pós colheita e da aplicação de *Beauveria bassiana* (Balsamo) Vuillemin (Hypocreales: Cordycipitaceae) na ocorrência de *Sphenophorus levis* Vaurie, 1978 (Coleoptera: Curculionidae) em cana-de-açúcar**. 2014. 96 f. Dissertação (Mestrado em Entomologia), Escola Superior de Agricultura "Luiz de Queiroz", Universidade de São Paulo, 2014
- CARVALHO, J. da S. **Distribuição espacial e amostragem sequencial de *Diatraea saccharalis* (Fabricius, 1794) (Lepidoptera: Crambidae), na cultura de cana-de-açúcar**. Tese (Doutorado), Universidade Estadual Paulista, 2012.
- COLL, M.; WAJNBERG, E. **Environmental Pest Management: Challenges for Agronomists**. *Ecologists*, Wiley, Oxford, 419 p., 2017.
- CONFEDERAÇÃO DA AGRICULTURA E PECUÁRIA DO BRASIL (Brasil). **Hortalças**. 2016. Disponível em: <http://www.cnabrazil.org.br/sites/default/files/sites/default/files/uploads/11_hortalicas.pdf>. Acesso em: 03 jul. 2018.
- COSTA, C. T. S.; FERREIRA, V. M.; ENDRES L.; FERREIRA, D. T. R. G.; GONÇALVES, E. R. **Crescimento e Produtividade de Quatro Variedades de Cana de Açúcar no Quarto Ciclo de Cultivo**. *Revista Caatinga*, Mossoró, v. 24, p. 56-63, 2011.
- CRISTOFOLETTI, N. **Relações tróficas entre *Euborellia annulipes*, *Harmonia axyridis* e três pragas para aplicação em manejo**. 2014. 92 f. Dissertação (Mestrado em Entomologia), Escola Superior de Agricultura "Luiz de Queiroz", Universidade de São Paulo, Piracicaba, 2014.
- CTC. **Centro de Tecnologia Canavieira, Manejo Varietal**. Disponível em: <http://www.ctcanavieira.com.br/manejovarietal.html>, acesso em: mar. 2017.
- DENUNCIO, N. C. **Diversidade de entomofauna em diferentes agroecossistemas, incidência e severidade do bicho-mineiro do cafeeiro (*Leucoptera coffeella*) no assentamento. Reage BRASIL, BEBEDOURO/SP**. Universidade Federal de São Carlos, Curso de graduação em agronomia. CAMPUS SOROCABA. Sorocaba – SP. 74p. 2015.
- DIAMANTINO, E. P. CASTELLANI, M. A. MOREIRA, A. A. SÃO JOSÉ, A. R. MACEDO, J. A. OLIVEIRA, F. S. SILVA, B. S. **Seletividade de inseticidas a alguns dos inimigos naturais na cultura do algodão**. *Arquivos do Instituto Biológico*, v. 81, 2014.

- DINARDO-MIRANDA, L. L.; GIL, M. A. **Estimativa do nível de dano econômico de mahanarva fimbriolata (stål) (hemiptera: cercopidae) em cana-de-açúcar.** *Bragantia*, Campinas, v. 66, p.81-88, 2007.
- EMBRAPA. **Ciência que transforma: Resultados e impactos positivos da pesquisa agropecuária na economia, no meio ambiente e na mesa do brasileiro.** Grãos. 2017. Disponível em: <<https://www.embrapa.br/grandes-contribuicoes-para-a-agricultura-brasileira/graos>>. Acesso em: 02 jul. 2018.
- EMBRAPA. **Ciência que transforma: Resultados e impactos positivos da pesquisa agropecuária na economia, no meio ambiente e na mesa do brasileiro.** Frutas e Hortaliças. 2017. Disponível em: < <https://www.embrapa.br/grandes-contribuicoes-para-a-agricultura-brasileira/frutas-e-hortalicas>>. Acesso em: 02 jul. 2018.
- FRANCO, J. L. A. **O conceito de biodiversidade e a história da biologia da conservação: da preservação da wilderness à conservação da biodiversidade.** *História*, v.32, p. 21-48, 2013.
- FINKLER, C. L. L. **Controle de insetos: Uma breve revisão.** *Anais da Academia Pernambucana de Ciência Agrônômica*, Recife, v. 8/9, p.169-189, 2011/2012. Anual.
- GALLO, Domingos. **Pragas da cana-de-açúcar.** Piracicaba: Copereste, 1968. 25 p.
- GALLO, D.; HAKANO O.; SILVEIRA NETO, S.; CARVALHO, R.P.L.; BAPTISTA, G.C. de; BERTI FILHO, E.; PARRA, J.R.P.; ZUCCHI, R.A.; ALVES, S.B.; VENDRAMIM, J.D.; MARCHINI, L.C.; LOPES, J.R.S.; OMOTO, C **Entomologia Agrícola.** 10. ed. Piracicaba: FEALQ, 2002. 920 p.
- GARCIA, J. F. **MANUAL DE IDENTIFICAÇÃO DE PRAGAS DA CANA CAMPINAS-SP.** Disponível em https://www.fmcagricola.com.br/portal/manuais/pragas_cana/files/assets/common/downloads/publication.pdf. 2013.
- GIOMETTI, F. H. C. **Avaliação de nematóides entomopatogênicos para o controle de *Sphenophorus levis* Vaurie, 1978 (Coleoptera: Curculionidae).** Dissertação (Mestrado em Entomologia), Instituto Biológico, São Paulo, 2009.
- GITAHY, P. M.; GALVÃO, P. G.; SIMÕES ARAÚJO, J. L.; BALDANI, J. I. **Documento 2014: Perspectivas biotecnológicos de *Bacillus thuringiensis* no controle biológico da broca da cana-de-açúcar *Diatraea saccharalis*.** Seropédica, Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária, 23 p., 2006.
- GLIESSAMN, S. **Ecological processes in sustainable agriculture.** AnnHarbour Press. 357 p., 1998.
- GRISOTOI, E.; VENDRAMIM, J. D.; LOURENÇÃO, A. L.; FILHO, J. A. U.; DIAS, C. T. S. **Biologia de *Mahanarva fi mbriolata* em gramíneas forrageiras.** *Ciência Rural*, v.44, n.6, p. 1043-1049, 2014.
- LOPES, P. R.; **A biodiversidade como fator preponderante para a produção agrícola em agroecossistemas cafeeiros sombreados no Pontal do Paranapanema.** Tese (Doutorado em Ecologia Aplicada), Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz”, Universidade de São Paulo, 2014.

- MACEDO D. & MACEDO A. **As pragas de maior incidência nos canaviais e seus controles.** VISÃO AGRÍCOLA. Nº1 jan. Páginas 39 a 46. 2004.
- MELO, I. S. de. **Agentes microbianos de controle de fungos fitopatogênicos** In Controle Biológico Vol.1 MELO, I, S. de; AZEVEDO, J.L. de (Ed.) Jaguariúna (SP) EMBRAPA, 1998. p. 17-67.
- MORAES, G.C; ÁVILA, C.J. **Insetos-praga associados ao solo na cultura da cana-de-açúcar, no Estado de Mato Grosso do Sul.** Dourados, MS, Embrapa Agropecuária Oeste. Boletim de Pesquisa e Desenvolvimento. 37 p., 2014.
- De NARDO, E.A.B.; CAPALBO, D.M.F. **Utilização de agentes microbianos de controle de pragas: mercado, riscos e regulamentações.** In Controle Biológico Vol.1 MELO, I, S. de; AZEVEDO, J.L. de (Ed.) Jaguariúna (SP) EMBRAPA, 1998. p.231-262.
- NICHOLLS, C. I.; ALTIERI, M. A. **Controle biológico de pragas através do manejo de agroecossistemas.** Nova Califórnia, Rondônia, 33 p., 2000.
- PARRA, J. R. P.; KOVALESKI, A. **Avanços no Manejo Integrado de Pragas (MIP) no Brasil.** In: PATERNIANI, Ernesto (Ed.). Ciência, agricultura e sociedade. Brasília: Embrapa Informação Tecnológica, 2006. p. 75-116.
- PARRA, J. R. P.; BOTELHO, P. S. M.; CORRÊA-FERREIRA, B.; BENTO, J.M M. S. (Ed.). **Controle Biológico no Brasil: Parasitoides e Predadores.** São Paulo: Manole, 2002. 635 p.
- PERFECTO, I., VANDERMEER, J., HANSON, P.; CARTIN, V. **Arthropod biodiversity loss and the transformation of a tropical agro-ecosystem.** Biodiversity and Conservation, v. 6, p. 935 – 945, 1997.
- PICANÇO, M. C. **Manejo Integrado de Pragas.** Viçosa: Universidade Federal de Viçosa, 2010. 144 p.
- PINTO, A. de S.; BOTELHO, P.S.M.; OLIVEIRA, H.N. de. **Guia ilustrado de pragas e insetos benéficos da cana-de-açúcar.** Piracicaba, 2009. 160p.
- PURCELL. A. H. **Cigarrinhas na cultura de citros,** p.195-209. In Seminário internacional de citros - MIP, 3, Campinas, Fundação Cargill, 310 p. 1994.
- R CORE TEAM (2014). R: **A language and environment for statistical computing.** R Foundation for Statistical Computing, Vienna, Austria. URL <http://www.R-project.org/>. R. Bras. Ci. Solo, 35:403-415, 2011.
- ROSSI, M. **Mapa pedológico do Estado de São Paulo: revisado e ampliado.** Marcio Rossi. – São Paulo: Instituto Florestal. 118 p., 2017.
- SANDOVAL, S.S.; SENÔ, K.C.A. **Comportamento e controle da *Diatraea saccharalis* na cultura da cana-de-açúcar.** Nucleus, v.7, p. 243 – 257, 2010.
- SCHROTH, G.; KRAUSS, U.; GASPAROTO, L.; DUARTE AGUILAR, J. A.; VOHLAND, K. **Pest and diseases in agroforestry systems of the humid tropics.** Agroforestry Systems, v. 50, p. 199 – 241, 2000.
- SILVA, G. R. **Efeito de um fragmento florestal na incidência de *Diabrotica speciosa* e *Cerotoma arcuata* em cultivo de feijoeiro no Assentamento Rural Formiga,**

- Colômbia, SP.** Trabalho conclusão curso em Agroecologia e sistemas rurais sustentáveis, Universidade Federal de São Carlos. Sorocaba/SP, 2015.
- SILVA, W. M. (Ed.). **Reunião Técnica Copersucar: Pragas da cultura da cana-de-açúcar.** São Paulo: Cooperativa Central dos Produtores de Açúcar e Álcool do Estado de São Paulo, 1983.
- STAPE, J. L. **Utilização de delineamento sistemático tipo “leque” no estudo de espaçamentos florestais.** Dissertação (Mestrado em Estatística e Experimentação Agrônômica), Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz”- Universidade de São Paulo, Piracicaba, 1995.
- STINGEL, E. **Distribuição espacial e plano de amostragem para a Cigarrinha-das-raízes *Mahanarva fibriolata*, (Stahl, 1854) em Cana de açúcar.** Dissertação (Mestrado em Entomologia), Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz” – USP, Piracicaba, 2005.
- TASSO, Jr. L. C. **Caracterização agrotecnológica de cultivares de cana-de-açúcar (*Sccharum* spp.) na região centro-norte do estado de SÃO PAULO.** Tese (Doutorado) - Universidade Estadual Paulista, Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias. Jaboticabal - SP, 167 p., 2007.
- TOKESHI, H. **Doenças e Pragas agrícolas geradas e multiplicadas pelos agrotóxicos.** *Revista Cultivar Grandes culturas*, v. 39, 2002.
- TOMAS, F. L.; KAGEYAMA, P. Y.; TOKESHI, H.; SALUSTIO, P. **Influência da biodiversidade Florestal do entorno e da distância entre cultivos de tomate (*Lycopersicon esculentum*) na dinâmica e ocorrência de insetos e doenças.** VI CONGRESSO BRASILEIRO DE AGROECOLOGIA e II CONGRESSO LATINOAMERICANO DE AGROECOLOGIA, Curitiba, PR, 2009.
- TOMAS, F. L. A. **influência da biodiversidade florestal na ocorrência de insetos-praga e doenças em cultivos de tomate no município de Apiaí – SP.** Dissertação (Mestrado em Recursos Florestais), Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz”, Universidade de São Paulo, 2010.
- VERDÉLIO, A. **Agência Brasil: Produção brasileira de cana-de-açúcar pode chegar a 646 milhões de toneladas.** 2017. Disponível em: <<http://agenciabrasil.ebc.com.br/economia/noticia/2017-08/producao-brasileira-de-cana-de-acucar-pode-chegar-646-milhoes-de-toneladas>>. Acesso em: 02 jul. 2018.
- VIEIRA, D. L. M.; HOLL, K. D.; PENEIREIRO, F. M. **Agro Successional Restoration as a Strategy to Facilitate Tropical Forestry Recovery.** *Restoration Ecology*, v. 17, p. 451-459, 2009.
- YAMAMOTO, P. T, PRIA, Jr. W. D. ROBERTO, S. R, FELLIPE, M. R. FREITAS, E. P. **Flutuação populacional de cigarrinhas (Hemiptera: Cicadellidae) em pomar cítrico em formação.** *Neotropical Entomology*, v. 30, p. 175-177, 2001.
- ZUCCHI, R A; SILVEIRA NETO, S; NAKANO, O. **Guia de identificacao de pragas agricolas.** Ed. Fealq, 1993, 139p.

QUARTO CAPÍTULO. OCORRÊNCIA DE RAQUITISMO-DA-SOQUEIRA NA CANA-DE-AÇÚCAR E A DISTÂNCIA DE FRAGMENTO FLORESTAL

RESUMO

Foi feito um experimento com objetivo de verificar qual o nível de funcionalidade de uma floresta no que se refere ao apoio no manejo da doença raquitismo-de-soqueira provocada pela bactéria *Leifsonia xyli* subsp. *xyli*. No município de Mombuca-SP localizado na Mesoregião de Piracicaba-SP, onde a altitude é cerca de 550 m e o clima é caracterizado como Cwa, com inverno seco e verão quente e com solos na região que podem ser descritos como sendo da formação Botucatu, prioritariamente do tipo argiloso, litólicos com transação para Latossolo vermelho amarelo. Foi escolhido para a condução do trabalho uma área contendo um fragmento florestal de aproximadamente 214 hectares denominado "Mata do Pinheirinho", com a presença de muitas espécies consideradas importantes e raras na Mata Atlântica, que possui o cultivo de cana-de-açúcar em todo o seu entorno. Para tal investigação foi utilizado o método de delineamentos sistemáticos onde 3 transectos de 110 metros de comprimento cada, se distanciavam a partir do início do cultivo agrícola, na borda da mata, até o interior do talhão. Outros seis pontos afastados pelo menos 300 metros do fragmento florestal e distantes de outras matas com dimensões e estrutura florestal foram demarcados para tais coletas. Toda a área de cana-de-açúcar no local é cultivada com a mesma variedade da cultura, a RB867515 do CTC, estando em seu primeiro/segundo ano de cultivo na ocasião do início do trabalho em 2017. Essa variedade é considerada resistente ao raquitismo-da-soqueira. O método para determinação da doença foi o de fluxo de seiva, com 10 coletas de colmos sadios por ponto amostral, estes foram cortados na altura do segundo nó e mergulhados imediatamente por aproximadamente duas horas em solução alcoólica com a adição do corante safranina a 0,1%, a fim de se evitar cavitação. Os colmos foram cortados aproximadamente a uma altura de 10 mm, no terceiro nó de cada amostra, com guilhotina e com faca de corte fino a fim de expor todos os vasos do tecido vegetal de forma perpendicular ao sentido do colmo expondo toda a base da amostra. Os vasos onde houve circulação do corante ficam avermelhados em contraponto aos vasos amarelo/esbranquiçados obstruídos pela bactéria. Os gradientes de coloração vão de 1 a 6, sendo que 1 é considerado "muito infestada" (pouco colorido) e o 6 onde praticamente todos os vasos coloridos em vermelho. As médias das notas dos 10 colmos coletados em cada ponto amostral foram determinadas e, a partir daí a média das coletas foi calculada para cada distância, sendo cada transecto ou distante considerada uma repetição (n=3). A relação entre a severidade da doença na cultura e distância da mata foi analisada por meio de GLMs de regressão linear. O método de análise se mostrou eficiente e eficaz dentro das condições apontadas. O nível dos sintomas e danos de raquitismo da soqueira variou conforme a distância da mata no cultivo de cana-de-açúcar, sendo que próximo à mata, os níveis encontrados foram significativamente menores em relação aqueles em maiores distâncias.

Palavras-chave: Diversidade arbórea; Cana-de-açúcar; Raquitismo-de-soqueira

ABSTRACT

An experiment was carried out with the objective of verifying the level of functionality of a forest with regard to the support in the management of rickets disease caused by the bacterium *Leifsonia xyli* subsp. *xyli*. In the municipality of Mombuca-SP located in the Mesoregião of Piracicaba-SP, where the altitude is about 550 m and the climate is characterized as Cwa, with dry winter and hot summer and with soils in the region that can be described as being of the Botucatu formation, of the clayey, litholic type with a transaction for Yellow Red Latosol, A forest fragment of approximately 214 hectares called "Mata do Pinheirinho" was chosen for the work, with the presence of many important and rare species in the Atlantic Forest surrounded by sugarcane in all its surroundings. For this investigation

was used the method of systematic delineations where 3 transects of 110 meters of length each, were distanced from the beginning of the agricultural cultivation in the edge of the forest until the interior of the field. Another six points separated at least 300 meters from the forest fragment and distant from other forests with dimensions and forest structure were demarcated for such collections. The entire sugarcane area on the site is cultivated with the same crop variety, the CTC RB867515, being in its first / second year of cultivation at the beginning of the work in 2017. This variety is considered resistant to rickets. The method to determine the disease was sap flow, with 10 collections of healthy shoots per sampling point, these were cut at the height of the second node and immersed immediately avoiding cavitation for approximately two hours in alcoholic solution with the addition of safranin dye at 0.1%. The stems were cut approximately to a height of 10 mm, in the third node of each sample, with guillotine and with fine cut knife in order to expose all the parts of the plant tissue perpendicular to the direction of the stem exposing the whole base of the sample. The vessels in which the dye circulated were reddish in contrast to the yellow / whitish vessels obstructed by the bacteria. The color gradients ranged from 1 to 6, with 1 being considered "very infested" (low color) and 6 where practically all colored vessels were red. The mean values of the 10 stems collected at each sampling point were determined and, from which the average of the collections was calculated for each distance, with each transect or distant being considered a repetition ($n = 3$). The relationship between disease severity in the crop and forest distance was analyzed by linear regression GLMs. The method of analysis was efficient and effective within the indicated conditions. The level of ratoon rickets infestation varied according to the distance of the forest in the cultivation of sugarcane, being that near the forest the levels found were significantly lower in relation to those at greater distances.

Keywords: Arboreal diversity; Sugarcane; Rickets-of-ratoon

4.1. INTRODUÇÃO

A doença raquitismo-da-soqueira, causada pela bactéria *Leifsonia xyli* subsp. *xyli*, é, nos dias atuais uma das doenças mais importantes em cana-de-açúcar do mundo, pois ela pode causar uma diminuição de 5 a 50% da produtividade, infectando quase que 100% de todo o canavial (ROSSETTO; SANTIAGO, 2010, MATSUOKA, 2013).

Esta bactéria coloniza os vasos dos condutores de seiva bruta da planta, o xilema, não havendo relatos de infecção no floema e parênquima (MONTEIRO-VITORELLO et al., 2004). Esta colonização não causa nenhuma desorganização estrutural no xilema, mas sim uma obstrução dos vasos, devido a uma substância mucilaginosa produzida pela bactéria que bloqueia os vasos, reduzindo o fluxo da seiva em até 34% (MONTEIRO-VITORELLO et al., 2004).

A doença leva ao retardamento do crescimento das touceiras, formando colmos menores, o que torna o canavial desuniforme (ROSSETTO; SANTIAGO, 2010). As touceiras menores apresentam internódios reduzidos com colmos mais finos, causando uma produtividade menor, além de que, os prejuízos podem ser mais severos com a falta de água na época da manifestação da doença, ocasionando o enrolamento das folhas (ROSSETTO; SANTIAGO, 2010).

Em variedades menos resistentes de cana-de-açúcar, além desses sintomas citados anteriormente, ocorrem também, na parte interna da planta, o desenvolvimento de uma coloração alaranjada a vermelho escuro nos vasos do xilema, mais especificamente nas partes mais antiga dos colmos maduros (ROSSETTO; SANTIAGO, 2010).

Em épocas de estiagem, quando há pouca disponibilidade água, a cana-de-açúcar, como uma forma de garantir sua sobrevivência, diminui seu metabolismo, parando de crescer e permanece quase em estado de dormência. Um dos principais hormônios envolvido neste processo de adaptação ao estresse hídrico é o Ácido Abscísico (ABA), o qual também está envolvido na inibição de genes de proteção da planta (DE GENES E PLANTAS ANÃS, 2004).

A bactéria causadora do raquitismo-das-soqueiras *Leifsonia xyli*, da subespécie *xyli*, em condições *in vitro*, também tem a capacidade de produzir ABA (DE GENES E PLANTAS ANÃS, 2004). Na mesma linha, o sequenciamento genético da bactéria aponta a possibilidade de a bactéria conseguir produzir o ABA no interior das plantas, o qual desencadearia os sintomas característicos da doença raquitismo-das-soqueiras (DE GENES E PLANTAS ANÃS, 2004).

- **Sobrevivência e disseminação da doença**

A sobrevivência da bactéria causadora do raquitismo-da-soqueira depende principalmente de plantas hospedeiras, que neste caso é a própria cultura de cana-de-açúcar. Assim, é observado a ocorrência de células ativas da *Leifsonia xyli* subsp. *xyli* durante os diferentes ciclos da cultura, sendo estes a renovação do canavial, cana-planta e socas (GIGLIOTI, 1997).

Este patógeno sobrevive nos vasos do xilema e do floema da cana-de-açúcar, colonizando-os sistematicamente durante todo o ciclo da cultura, sendo que, na época da entressafra, a sobrevivência da bactéria ocorre por meio de sua presença na coroa das soqueiras, após o corte da cana, permitindo a sua sobrevivência no solo (GIGLIOTI, 1997).

O principal meio de transmissão do patógeno no canavial é pela ação humana, através de ferramentas e instrumentos de corte, principalmente as facas, equipamentos de plantio, de cultivo e de colheita. Outro modo de contaminação que também pode ocorrer, é por meio da utilização de mudas contaminadas (GIGLIOTI, 1997).

Entretanto, a utilização de mudas saudáveis, tratadas com métodos térmicos, não quer dizer, necessariamente, que o canavial estará livre da bactéria, pois existe uma grande eficiência da transmissão mecânica da doença, em que os equipamentos de plantio, tratos culturais e colheita conseguem por uma longa distância, transportar de canaviais infectados para campos com mudas saudáveis, a bactéria, infectando o canavial sadio (GIGLIOTI, 1997).

Quando se utiliza mudas contaminadas no canavial, a transmissão ocorre através do uso de instrumentos de corte durante a aplicação das mudas no momento do plantio, em que os toletes contaminados, advindo dos viveiros, e os sadios são picados pelo mesmo instrumento de corte, ocorrendo, desse modo, a contaminação. Assim, após a bactéria se instalar no canavial por meio das mudas, a doença progride rapidamente para as demais soqueiras, através de equipamentos de corte na colheita (GIGLIOTI, 1997).

A bactéria causadora da doença se encontra em maior concentração nos colmos da cana-de-açúcar do que nas folhas, sendo esta concentração aumentada conforme a maturação da planta (SANTOS; BORÉM; CALDAS 2010).

- **Métodos de controle**

O controle do patógeno causador do raquitismo é complexo, pois ocorre principalmente por meio da disseminação mecânica durante o plantio e colheita da cana-de-açúcar. Desta forma, as principais medidas de controle são a descontaminação dos equipamentos utilizados no plantio e na colheita, formação de viveiros que produzam mudas saudáveis e a utilização de genótipos resistentes à bactéria, sendo este último, o mais utilizado ultimamente (GIGLIOTI, 1997).

O método de controle mais efetivo utilizado para controlar a bactéria causadora do raquitismo é a utilização de variedades resistentes, juntamente com a produção de mudas saudáveis e de boa qualidade (SANTOS; BORÉM; CALDAS 2010).

Assim, para a produção de mudas saudáveis é empregado um tratamento térmico nos toletes, em uma temperatura de 50,5°C ao longo de 2 horas. Entretanto, este tratamento não é totalmente eficiente, restando algum resquício da bactéria nas mudas após o procedimento. Para a produção de mudas em cultura de tecidos é utilizado uma combinação de procedimentos, sendo estes o tratamento térmico, a termoterapia, e cultivo de meristemas (SANTOS; BORÉM; CALDAS, 2010).

Outro método de controle consiste na limpeza dos instrumentos, ferramentas e máquinas utilizadas no canavial, sendo este método muito importante para a prevenção da disseminação da doença dentro dos canaviais. Para a realização desta limpeza pode-se utilizar produtos químicos bactericidas, sendo que um dos produtos mais utilizados é a amônia quaternária (SANTOS; BORÉM; CALDAS, 2010).

- **Diversidade florestal e doenças**

Os cultivos de cana-de-açúcar que estão presentes no interior do estado de São Paulo contam com pequenos fragmentos florestais como vizinhos. Entretanto, ainda assim formam

grandes maciços de monocultura altamente conectados e com raros intervalos entre talhões (MATOS, 2011).

Tais fragmentos florestais podem ter diversas origens e formações, podendo ser desde uma mata considerada rica e diversa até um ambiente que possui apenas um conjunto de poucas espécies arbóreas e baixo grau de conservação. Em áreas agrícolas de uso intensivo e histórico, como as encontradas na região de Piracicaba, entre muitas outras, podemos notar que a qualidade ou diversidade arbórea dos fragmentos florestais de maneira geral está muito impactada, ou seja, ou é muito baixa ou insuficiente para se considerar esta área rica em relação à sua diversidade arbórea (KAGEYAMA et al., 1994).

A perda da biodiversidade pode se dar em diversas formas, sendo que espécies consideradas raras ou de ocorrência menos densa, são alvos muito impactados por este processo, onde muitas vezes a perda de um ecossistema pode trazer uma diminuição da variedade de determinadas espécies, permitindo a ocorrência de espécies exóticas ou a dominância de determinados indivíduos de outras espécies mais comuns (BEIERKUHNLIN; NESSHÖVER, 2006).

Agricultores e técnicos agrícolas ligados a diversos tipos de manejo e cultivos agrícolas são recorrentes em apontar áreas de fragmentos, pastos sujos e áreas sem uso agrícola ou manejo como sendo áreas onde as pragas se mantêm e proliferam independentemente dos controles feitos nos locais onde se pratica agricultura (ALTIERI, 2007).

Nessas áreas degradadas pobres em diversidade florestal e com cultivos abandonados, tanto plantas nativas quanto exóticas podem abrigar pragas e inoculo de doenças e se tornarem um considerável fator de acréscimo aos problemas agrícolas (SCHROTH et al., 2000).

A influência da diversidade arbórea é relatada por diversos autores como sendo, sobre vários aspectos, positiva sobre cultivos agroflorestais e de maneira geral, demonstram a necessidade de trabalhos que busquem ampliar tal conhecimento sobre estas funções (ALTIERI, 1994; FURTADO 1996; ALFAIA, 2000; KAGEYAMA, 2007; TOMAS 2010).

Alguns trabalhos analisam as funções de componentes arbóreos no interior de cultivos agrícolas, considerando a funcionalidade da diversidade arbórea como um elemento interno ao agrossistema como promotores de funções positivas no manejo de pragas agrícolas (LOPES, 2014; PINTO, 2002).

4.1.1 Hipótese e justificativa

A hipótese deste trabalho investigou se o componente florestal arbóreo conservado e rico em espécies importantes para o bioma Mata Atlântica exerce papel regulador na

ocorrência e na severidade dos sintomas do raquitismo-de-soqueira em cultivos de cana-de-açúcar na região de Piracicaba-SP.

4.2. OBJETIVOS

Objetivo geral.

Auxiliar na busca de métodos de sanidade vegetal para a cultura de cana-de-açúcar no que se refere a diminuição dos sintomas e prejuízos causados pela doença raquitismo de soqueira.

Objetivos específicos.

Quantificar o nível dos sintomas de raquitismo-de-soqueira em colmos de cana-de-açúcar e comparar os valores encontrados em função do distanciamento de um fragmento florestal com alto grau de conservação e rico em espécies arbóreas importantes da Mata Atlântica.

Analisar por dois anos a ocorrência do raquitismo de soqueira dentro do modelo amostral proposto.

4.3. MATERIAL E MÉTODOS

4.3.1 Local

O local do trabalho situa-se no município de Mombuca-SP localizado na Mesoregião de Piracicaba-SP, onde a altitude é cerca de 550 m e o clima é caracterizado como Cwa, com inverno seco e verão quente segundo a classificação de Köppen (ALVARES et al., 2013).

Os solos da região de Mombuca-SP podem ser descritos como sendo da formação Botucatu, prioritariamente do tipo argiloso, litólicos com transação para Latossolo vermelho amarelo (ROSSI, 2017).

4.3.2. Diversidade arbórea da mata

A Mata do Pinheirinho, localizado em Saltinho – SP, é um fragmento com aproximadamente 214 ha de floresta estacional semidecidual, com a presença de indivíduos arbóreos de espécies consideradas raras (CAIAFA; MARTINS, 2010).

É considerado um fragmento com elevado nível de conservação quanto à sua composição, onde é notória a presença de espécies arbóreas importantes para o Bioma Atlântico.

No levantamento realizado no local foram identificadas 67 espécies arbóreas de um total de 224 indivíduos amostrados, com um nível de diversidade considerado médio/alto para a região estudada.

4.3.3. Característica da área de cana-de-açúcar no entorno da mata

Toda a área de cana-de-açúcar que cerca a mata do Pinheirinho é cultivada com a mesma variedade da cultura, a RB867515 do CTC, estando em seu primeiro/segundo ano de cultivo na ocasião do início do trabalho em 2017.

Essa variedade é considerada resistente ao raquitismo-da-soqueira (TASSO, 2007; CTC, 2017).

A área é cultivada pela Coplacana sofre o mesmo manejo em todos os talhões. O sistema de produção segue cultivo mínimo com manutenção da palhada, totalmente mecanizado assim como a colheita. Pulverizações para controlar pragas agrícolas e outros agentes são feitas por tratores e implementos de pulverização e a área é irrigada com vinhaça frequentemente. Os cultivos seguem um programa de manejo integrado de pragas (MIP) com monitoramento periódico apenas das principais pragas.

4.3.4. Determinação do nível de sintomas e danos do raquitismo-da-soqueira

Foi utilizado o método de avaliação do nível de infestação da bactéria descrito por Chagas (1986) e Giglioti (1997) com adaptações no que se refere a avaliação das amostras em laboratório.

Foi avaliado sintoma da doença, o número de vasos obstruídos como um dos sintomas principais analisados.

Segundo o método de determinação de raquitismo-de-soqueira pelo fluxo de seiva, o procedimento de coleta das amostras deve ter início antes do nascer do sol, ponto em que as células vegetais estão túrgidas ao máximo e as plantas ainda não iniciaram os processos transpiratórios. As coletas são feitas com a cultura com, pelo menos, 9 meses de idade e com o solo em sua capacidade de campo.

Para as avaliações de raquitismo foram coletados 10 colmos de cana-de-açúcar, colhidos ao nível do solo e sem infestação de broca, em cada ponto amostral. Em seguida, os colmos foram cortados novamente na altura do segundo nó para eliminar a cavitação e imediatamente imersos em baldes com solução de safranina 0,1%. Nesse mesmo meio, ficaram expostos no campo ao sol da manhã por aproximadamente 2 horas. Após esse período, os colmos foram cortados à altura do quarto nó e armazenados em sacos plásticos que impeçam o recebimento ou perda de água com a devida identificação.

Estas amostras foram imediatamente levadas ao Laboratório de Ecologia Vegetal e Agroecologia da ESALQ (LAGRO) e acondicionadas em geladeira (6-10°C) para posterior tratamento e análise no máximo em 24h após a coleta.

O tratamento consistiu em retirar amostras dos colmos tratados a uma altura de 10mm a partir do terceiro entrenó, tais amostras foram de espessura de 10 mm, tendo seu tecido exposto e limpo com faca de corte fino a fim de evidenciar os vasos do tecido vegetal de forma perpendicular ao sentido do colmo.

Com esse corte transversal, toda a base do colmo fica exposta e é possível visualizar os vasos avermelhados onde houve circulação do corante em contraponto aos vasos amarelo/esbranquiçados obstruídos pela bactéria causadora do raquitismo. Os gradientes de coloração vão de 1 a 6, sendo que 1 é considerado “muito infestada” (pouco colorido) e o 6 demonstra praticamente todos os vasos coloridos em vermelho e é considerado pouco obstruído (CHAGAS, 1986).

Foram feitas duas avaliações da doença em dois ciclos distintos da cultura nos meses de abril de 2017 e 2018.

4.3.5. Amostragem

Foram estabelecidos ao redor do fragmento florestal, utilizando a metodologia de delineamentos sistemáticos, três transectos de 100 metros cada nas direções N, S, L, O, NE, SE, NO e SO, com 11 pontos amostrais distantes 10 m entre si ao longo de cada transecto, além de mais 6 pontos aleatoriamente distantes 300 m da borda do fragmento, conforme detalhes apresentados no Capítulo 2 (item 2.2.3). Entretanto, segundo o método adotado, as amostras foram coletadas antes do nascer do sol para que as células vegetais estejam túrgidas ao máximo e as plantas ainda não tenham iniciado os processos transpiratórios. Em abril de 2017 foram avaliados dois transectos e 3 pontos distantes, totalizando 25 pontos amostrais. Em 2018, foram avaliados outros 3 transectos e 3 pontos distantes diferentes do ano anterior, com total de 36 pontos amostrados.

4.3.6. Análise dos dados

O nível de sintomas e danos do raquitismo-da-soqueira foi avaliado por meio de uma escala inversa de notas, variando de 1 (planta muito infestada) a 6 (planta minimamente infestada) (CHAGAS, 1986).

As médias das notas dos 10 colmos coletados em cada ponto amostral foram determinadas e, a partir daí a média das coletas foi calculada para cada distância, sendo cada transecto ou distante considerada uma repetição (n=5 e n=6 respectivamente). A relação entre

a severidade da doença na cultura e distância da mata foi analisada por meio de GLMs de regressão linear utilizando o pacote estatístico R (R Core Team, 2014).

4.4. RESULTADOS E DISCUSSÃO

Durante o período de análise dos dados, foi feita uma variação sobre o método original sugerido para análise, que foi cortar apenas uma pequena rodela de aproximadamente 10 milímetros de espessura ao contrário do uso do tolete do colmo todo como utilizado no método original.

Uma outra inovação sobre o método original foi o uso de fundo luminoso para evidenciar a quantidade de vasos coloridos com a solução de safranina, dando maior confiabilidade na análise feita pelos técnicos que utilizam o método.

Outra adaptação que este método de amostragem e análise permitiu foi o de armazenar amostras em um pequeno espaço e registrar/identificar um grande número de amostras pelo fato de estas poderem ser dispostas e manejadas de forma prática.

Os sintomas e danos do raquitismo-da-soqueira foram avaliados por meio de escala inversa de notas (Figura 21), onde menores níveis de sintomas e danos correspondem às maiores notas (Figura 22).

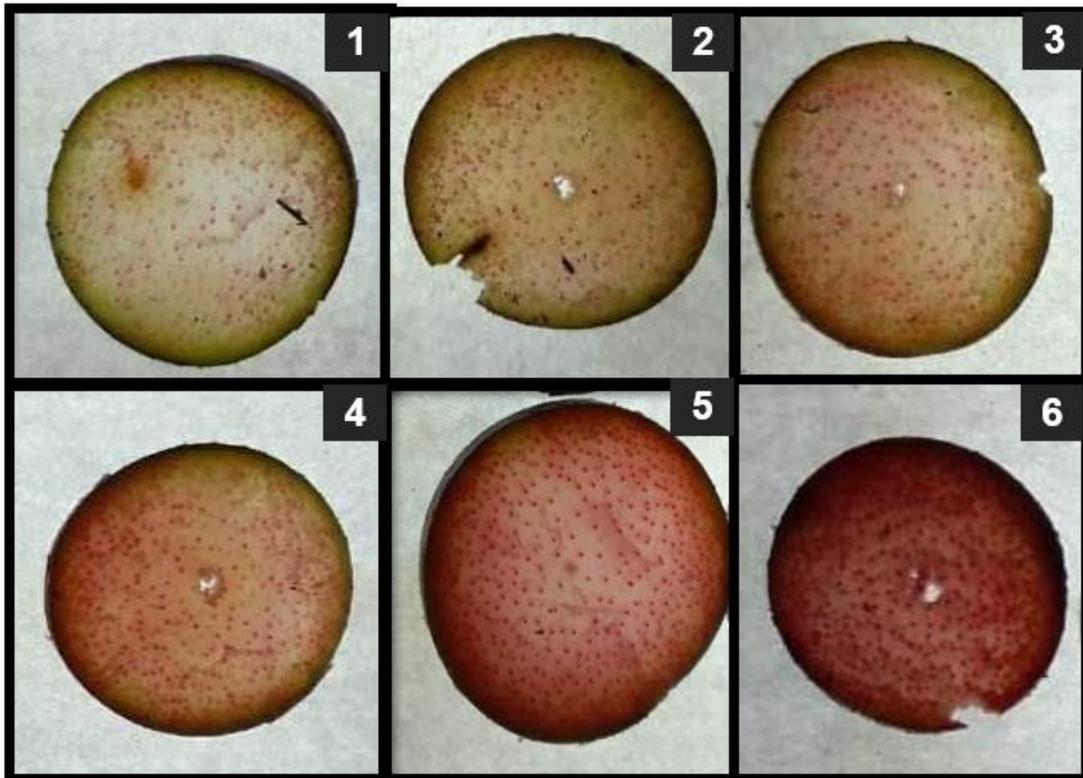


Figura 21. Escala (inversa) de notas dos níveis de infecção do raquitismo da soqueira em cana-de-açúcar. (1). Planta muito infestada. (2) Planta infestada. (3) Planta medianamente infestada. (4). Planta pouco infestada. (5). Planta muito pouco infestada. (6) Planta minimamente infestada.

O nível dos sintomas de raquitismo da soqueira variou conforme a distância da mata no cultivo de cana-de-açúcar ($F_{(1, 59)}=28,20$; $P<0,001$), sendo que próximo à mata os níveis encontrados foram significativamente menores em relação aqueles em maiores distâncias (figura 22).

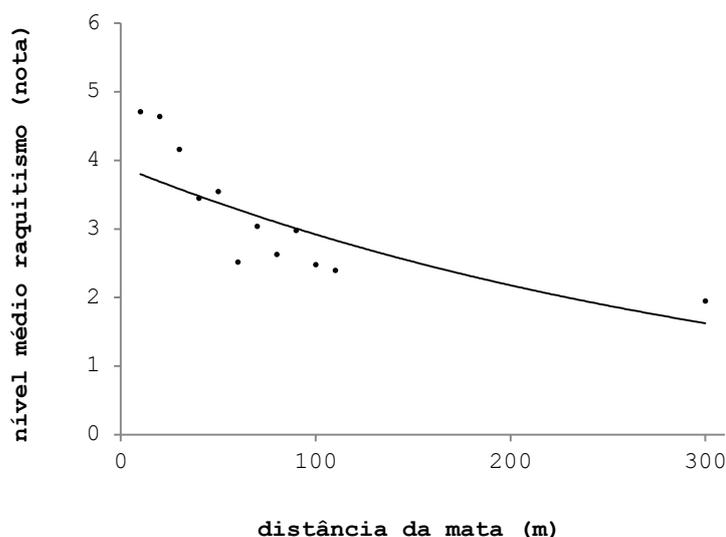


Figura 22. Nível médio de sintomas do raquitismo da soqueira (nota) em cultivo de cana-de-açúcar conforme distância da mata do Pinheirinho em Mombuca-SP.

A compreensão dos fatores que envolvem as relações entre patógenos, hospedeiros e meio natural ou de transição é uma tarefa complexa devido a interação diversa entre estes agentes. Estas interações devem considerar a presença de fatores bióticos e abióticos presentes no ambiente. Ambientes tropicais possuem a característica de serem mais estáveis em relação a temperatura e umidade permitindo muitas vezes a presença de plantas hospedeiras durante o ano todo o que auxilia as estratégias de perpetuação das espécies patogênicas (MICHEREFF, 2001).

A bactéria do raquitismo-de-soqueira é transmitida essencialmente por cortes e máquinas de processamento que inoculam o patógeno de uma planta a outra, porém pode permanecer no solo e colonizar cultivos por um período de até seis meses. As bactérias são organismos de difícil permanência em solos devido a não possuírem estruturas de resistência e reduzidos mecanismos de competição saprofítica, para estes os restos de cultura representam uma fonte de inoculo inicial.

Os prejuízos causados pelo raquitismo-de-soqueira podem atingir até 50% da produção potencial do canavial de acordo com as condições de manejo, solos e variedade utilizada (SOUZA, 2019).

Tendo um ambiente de solos, climático e de variedade cultivada em condições muito semelhantes ao longo de toda a área amostrada, verifica-se que os valores encontrados para os diferentes níveis de sintomas do raquitismo-de-soqueira ao longo dos transectos amostrados podem ser correlacionados às condições microclimáticas nos pontos amostrais, como por exemplo, a umidade ser maior (nos solos e atmosfera) na parte próxima a floresta.

Solos com maiores níveis de drenagem, umidade, profundidade e menor compactação são propensos a ter maiores efeitos supressivos do que os de níveis inversos, dentro dos experimentos realizados dentro desta pesquisa os resultados para a compactação de solos foram menores em solos próximos às áreas do fragmento florestal (MICHEREFF et al. 2005).

As características físicas de um solo podem influenciar diretamente a estrutura e colonização de fauna microbiológica deste podendo ser auxiliar do potencial supressivo de um meio físico.

Solos mais drenados e profundos possuem maior possibilidade de promover uma micorrização das raízes e do solo podendo ter efeito positivo na absorção de nutrientes pelas plantas como o fósforo e outros nutrientes garantindo maior potencial radicular e de desempenho ao vegetal.

A colonização de fungos micorrízicos o que pode inclusive considerar a inoculação de tais microrganismos dentro do manejo da cultura agrícola, auxilia o desenvolvimento de bactérias benéficas ao metabolismo e a fisiologia de cana-de-açúcar auxiliando o metabolismo vegetal e o desenvolvimento destas culturas, ampliando concomitantemente o potencial de diversidade da microbiologia do solo (TELLECHEA, 2007. LAMBAIS et al., 2005).

4.5. CONCLUSÕES

Encontrou-se uma significativa diferença entre os níveis dos sintomas do raquitismo-de-soqueira a medida que as amostras se distanciaram do fragmento florestal em todos os transectos amostrados.

Próximo à floresta foram encontrados menores graus de compactação de solo à medida que os cultivos se afastam do fragmento florestal o que é acompanhado pelo progresso da severidade de infestação da bactéria promotora do raquitismo-de-soqueira.

Sugere-se futuramente a elaboração de mais estudos que venham no sentido de auxiliar a compreensão das causas e ações dos diferentes elementos físicos (temperatura, umidade, outros) e microbiológicos envolvidos na relação entre doenças agrícolas e a proximidade de fragmentos florestais.

Conclui-se que as florestas conservadas, ricas em diversidade arbórea e com espécies raras exercem papel efetivo na diminuição da ocorrência e infestação da doença raquitismo-de-soqueira em cultivos de cana-de-açúcar. Este gradiente demonstra que os serviços ecossistêmicos promovidos por estes fragmentos são mais intensos quanto mais próximos dos cultivos.

REFERÊNCIAS

- ALFAIA, S. S.; SILVA, N. M.; UGUEN, K.; NEVES, A. L.; DUPIN, B. **Pesquisa participativa para a recuperação da produtividade de Sistemas agroflorestais na Amazônia Ocidental: O caso do projeto RECA.** Nova Califórnia, Rondônia. Manaus – AM, In: Porro R (ed) Alternativa Agroflorestal na Amazônia em Transformação. Embrapa Informação Tecnológica, Brasília, p. 781 – 803, 2000.
- ALTIERI, M. A. **Bases agroecológicas para una producción agrícola sustentable.** Agricultura Técnica, v.54, p. 371 – 386, 1994.
- ALTIERI, M.A.; PONTI, L.; NICCHOLS, C.I. **Manejando insetos-praga com a diversificação de plantas.** Agriculturas, v. 4, p. 20 – 23, 2007.
- BEIERKUHNLEIN C., NESSHÖVER C. **Biodiversity experiments — artificial constructions or heuristic tools?** In: Esser K., Lüttge U., Beyschlag W., Murata J. (eds) Progress in Botany. Progress in Botany (Genetics Physiology Systematics Ecology), v. 67, Springer, Berlin, Heidelberg. 2006.
- CAIAFA, A. N.; MARTINS, F. R. **Forms of rarity of tree species in the southern Brazilian Atlantic rainforest.** Biodivers Conserv, v. 19, p. 2597–2618, 2010.
- CHAGAS, P. R. R. **Método de coloração do xilema pelo fluxo transpiratório aplicado na determinação de infecção do raquitismo da soqueira em cana de açúcar.** Dissertação, (Mestrado em Fitotecnia), Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz”, Universidade de São Paulo, 1986.
- DE GENES E PLANTAS ANÃS: **Genoma da bactéria fornece pistas sobre o raquitismo da cana-de-açúcar.** Sp: Revista Pesquisa Fapesp, 2004.
- GIGLIOTI, É. A. **Método conciliado para avaliar os efeitos da colonização de colmos de cana de açúcar por *Clavibacter xyli* Subsp. *Xyli* na funcionalidade do xilema.** Tese, Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz”, Universidade de São Paulo, Piracicaba – SP, 134p. 1997.
- FURTADO, E. L.; KAGEYAMA, P. Y.; SOUZA, A. D.; COSTA, J. D. **Ilhas de alta produtividade (iap) uma alternativa para aumentar a produtividade das reservas extrativistas.** Congresso Brasileiro de Fitopatologia (29. 1996 Campo Grande), v. 21, p.434, 1996.
- KAGEYAMA, P. et al. **Revegetação de Áreas Degradadas: Modelos de Consorciação com Alta Diversidade.** In: SIMPÓSIO SUL AMERICANO, 1.; SIMPÓSIO NACIONAL DE RECUPERAÇÃO DE ÁREAS DEGRADADAS, 2.; 1994, Foz do Iguaçu, Curitiba: FUPEF, v. 2, p 569-576, 1994.
- KAGEYAMA, P. Y. **Sistemas Agroflorestais e Áreas de Preservação Permanente, Reunião na Secretaria Estadual do Meio Ambiente – CETESB.** 2007. Disponível em:
http://sigam.cetesb.sp.gov.br/sigam2/Repositorio/222/Documentos/%20Sistemas%20Agroflorestais/20073_SAFAPP_Kageyama.pdf Acesso em abr. 2017.
- LAMBAIS, M.R.; CURY, J.C.; MALUCHE-BARETTA, C.; BULL, R.C. **Diversidade microbiana nos solos: definindo novos paradigmas.** In: Vidal-Torrado, P.; Alleoni, L. R.F.; Cooper, M.; Silva, A.P.; Cardoso, E.J. (Ed.). Tópicos em ciência do solo. Viçosa: Sociedade Brasileira de Ciência do Solo. V. 4, p.43-84, 2005.

- MATOS, P. F.; PESSOA, V. L. S. **Modernization of agriculture in Brazil and new uses of territory**. Geo Uerj, 2011.
- MATSUOKA, S. **Identificação de doenças da cana-de-açúcar e medidas de controle**. Capítulo 5. p. 89 a 113. Disponível em <https://www.researchgate.net/publication/303792781> Identificacao de doencas da cana-de-acucar e medidas de controle.
- MICHEREFF, S. J., ANDRADE, D.E.G.T. & MENEZES M. Capítulo 6. BETTIOL W. GHINI R. **Solos Supressivos**. Ecologia e Manejo de Patógenos Radiculares em Solos Tropicais. Recife, UFRPE. 2005.
- MICHEREFF S. J. LUIZ AUGUSTO MARTINS L. A. DOMINGOS P. ANDRADE E. G. T. **MANEJO SUSTENTÁVEL DE DOENÇAS RADICULARES EM SOLOS TROPICAIS**. Cap. 2. P 15 a 71. – Recife: UFRPE, Imprensa Universitária, 368p. 2001.
- MONTEIRO-VITORELLO, C. B.; CAMARGO, L. E. A.; SLUYS, M. A. V.; KITAJIMA, J. P.; TRUFFI, D.; DO AMARAL, A. M.; HARAKAVA, R.; DE OLIVEIRA, J. C. F.; WOOD, D.; DE OLIVEIRA, M. C.; MIYAKI, C.; TAKITA, M. A.; DA SILVA, A. C. R.; FURLAN, L. R.; CARRARO, D. M.; CAMAROTTE, G.; ALMEIDA, N. R.; CARRER, H.; COUTINHO, L. L.; EL-DORRY, H. A.; FERRO, M. I. T.; GAGLIARDI, P. R.; GIGLIOTI, E.; GOLDMAN, M. H. S.; GOLDMAN, G. H.; KIMURA, E. T.; FERRO, E. S.; KURAMAE, E. E.; LEMOS, E. G. M.; LEMOS, M. V. F.; MAURO, S. M. Z.; MACHADO, M. A.; MARINO, C. L.; MENCK, C. F.; NUNES, L. R.; OLIVEIRA, R. C.; PEREIRA, G. G.; SIQUEIRA, W.; DE SOUZA, A. A.; TSAI, S. M.; ZANCA, A. S.; SIMPSON, A. J. G.; BRUMBLEY, S. M.; SETÚBAL, J. C. **The Genome Sequence of the Gram-Positive Sugarcane Pathogen *Leifsonia xyli* subsp. *xyli***. Molecular Plant-microbe Interactions, v. 17, p.827-836, 2004.
- PINTO, L. F. G. **Avaliação do cultivo de Cana-de-açúcar em Sistemas agroflorestais no município de Piracicaba – SP**. Tese (Doutorado em Agronomia, área Fitotecnia), Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz” – Universidade de São Paulo, Piracicaba – SP. p. 125, 2002.
- R CORE TEAM (2014). R: **A language and environment for statistical computing**. R Foundation for Statistical Computing, Vienna, Austria. URL <http://www.R-project.org/>.
- R. Bras. Ci. Solo, 35:403-415, 2011.
- ROSSETTO, R.; SANTIAGO, A. D. **Árvore do conhecimento: cana-de-açúcar: doenças bacterianas**. Embrapa, 2010.
- ROSSI, M. **Mapa pedológico do Estado de São Paulo: revisado e ampliado**. Marcio Rossi. – São Paulo: Instituto Florestal, 118 p. Color; mapas. 42x29,7 cm, 2017.
- SANTOS, F.; BORÉM, A.; CALDAS, C. (Ed.). **Cana-de-açúcar: Bioenergia, Açúcar e Álcool** - Tecnologia e Perspectivas, Viçosa, 2010.
- SCHROTH, G.; KRAUSS, U.; GASPAROTO, L.; DUARTE AGUILAR, J. A.; VOHLAND, K. **Pest and diseases in agroforestry systems of the humid tropics**. Agroforestry Systems, v. 50, p. 199 – 241, 2000.
- SOUZA, S. C. D. Raquitismo de Soqueira. – Centro de Cana – Instituto Agrônomo de Campinas. Anel Viário Contorno Sul Km 321. Disponível em : http://www.coopercitrus.com.br/upload/artigos/RAQUITISMO_DA_SOQUEIRA-1.pdf. 2019.

- TASSO, Jr. L. C. **Caracterização agrotecnológica de cultivares de cana-de-açúcar (*Sccharum* spp.) na região centro-norte do estado de SÃO PAULO.** Tese (Doutorado) - Universidade Estadual Paulista, Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias. Jaboticabal - SP, 167 p., 2007.
- TELLECHEA, **FUNGOS MICORRÍZICOS, BACTÉRIAS DIAZOTRÓFICAS ENDOFÍTICAS E FÓSFORO NO CRESCIMENTO E ACÚMULO DE NUTRIENTES EM MUDAS DE CANA-DE-AÇÚCAR.** Dissertação Mestrado. UNIVERSIDADE ESTADUAL DO NORTE FLUMINENSE DARCY RIBEIRO - UENF CAMPOS DOS GOYTACAZES – RJ. 64p. 2007.
- TOMAS, F. L. **A influência da biodiversidade florestal na ocorrência de insetos-praga e doenças em cultivos de tomate no município de Apiaí – SP.** Dissertação (Mestrado em Recursos Florestais), Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz”, Universidade de São Paulo, 92 p., 2010.

5. CONSIDERAÇÕES FINAIS

Nas condições em que a pesquisa foi desenvolvida e no período estudado, foram positivos os resultados para a relação da proximidade do fragmento florestal escolhido com a ocorrência das principais pragas e doenças em cultivos de cana-de-açúcar.

As características deste fragmento florestal de Mata Atlântica estacional semidecidual são de um ambiente com um grau de conservação considerado de grandes dimensões para a região e para os demais remanescentes florestais próximos.

Em outros fragmentos florestais com alto grau de perturbação e sem a presença de diversas espécies vegetais, que são típicas do ambiente preservado, podemos encontrar diversidade vegetal igualmente. Considerando que espécies vegetais podem ser invasoras, exóticas e de estratos mais próximos do solo. Ou seja, diversidade nativa e a presença de indivíduos de espécies nativas raras e comuns, com seus papéis ecossistêmicos mantidos, são elementos que diferem uma formação florestal de outra.

As espécies arbóreas da Mata Atlântica consideradas raras têm muitas vezes características qualitativas como boas madeiras, frutas e outros atrativos que as fizeram serem seletivamente retiradas da floresta em diversas formações, estes fenômenos de deflorestação seletiva aliado ao processo de retirada de grandes extensões do componente florestal resultam em espaços com presença de espécies arbóreas, mas que pode ser considerado um fragmento florestal degradado.

A presença das espécies arbóreas raras, sob a ótica deste experimento é um grande diferencial para a efetivação de serviços ecossistêmicos devido a diversos fatores característicos destas como por exemplo o seu porte, muitas vezes estas árvores ocupam o extrato e dossel alto ou topo da floresta esta característica permite uma maior manutenção da umidade, sombra, insetos e animais associados entre outras contribuições.

Com outra transformação na paisagem do fragmento florestal pela maior presença de árvores de grande porte, espera-se verificar uma menor oferta de alimentos e aumento da dificuldade de deslocamento para insetos fitófagos que nestes meios florestais, pela alta presença de cernes lenhosos na sua altura de voo tradicional e pelo sombreamento mantêm uma baixa oferta de vegetais herbáceos nos estratos inferiores da mata.

Em ambientes onde a floresta está estabelecida e com alto grau de conservação podemos encontrar uma maior população de insetos carnívoros com potencial parasitoide ou predador bem como outros animais que têm insetos em seu cardápio alimentar.

Árvores de grande porte e com seus dosséis inferiores conservados promovem uma maior presença da sombra e maior manutenção da umidade nas áreas do fragmento florestal e próximos a ele.

Na prática uma área agrícola poder manter a umidade se mostra um indicador de melhorias na sanidade da cultura da cana-de-açúcar uma vez que foram anotados maiores valores de profundidade nos solos mais próximos aos fragmentos florestais, e uma maior manutenção de umidade foi percebida pelos técnicos em campo, resultando em menores taxas de sintomas para a doença do raquitismo-de-soqueira.

Futuros experimentos poderiam ser conduzidos no sentido de se observar a qualidade em teores de açúcares e peso total da cana de açúcar produzida mais proximamente de ambientes com características florestais nativas conservadas.

Considera-se por tais argumentos, resultados experimentais e indicadores atingidos que a presença do componente florestal conservado e com indivíduos de espécies arbóreas raras (índices de raridade apontados neste trabalho), pode ter papel auxiliar no manejo de pragas e doenças da cana-de-açúcar.

A implantação de um modelo agrícola que considere esta forma de “manejo ecossistêmico”, no caso da cana-de-açúcar deveria em primeiro plano considerar um mapeamento e posicionamento das áreas de conservação e preservação em função das áreas e talhões de produtividade.

Identificar e apontar em um diagnóstico o grau de conservação e necessidade de plantio, restauração ou enriquecimento dos fragmentos florestais e áreas destinadas a dar suporte a presença do componente arbóreo.

Efetivar o plantio e a reintegração de espécies arbóreas em áreas de fragmentos florestais segundo estratégias próprias e adaptadas para cada situação encontrada em campo.

Com esta restauração e aproveitamento de áreas florestais pode se buscar inserir os talhões de cana-de-açúcar nesta nova estrutura da paisagem, buscando para estes a proximidade de tais matas.

O monitoramento de pragas poderia neste caso considerar amostragens à medida da proximidade de fragmentos florestais sendo que em uma perspectiva de diminuição do uso de agrotóxicos as áreas mais próximas aos fragmentos florestais poderiam ter pulverizações com menores quantidades destas substâncias.

Considerando que as zonas de refúgio de tais insetos praga estará reduzida, podemos esperar uma maior eficiência nas pulverizações, trazendo além de menor uso, maior efetividade na ação destes agrotóxicos.

Os ganhos ambientais são claros, uma vez que a conservação de fragmentos florestais amplia a base para a presença de espécies animais e vegetais que se fortalece.

Como consequência natural que o componente arbóreo traz, notamos um aumento da umidade e pureza do ar, o que se traduz em ganhos fotossintéticos e fisiológicos para a cultura da cana-de-açúcar.

Ganhos diversos são esperados com o uso do “manejo ecossistêmico” além da diminuição do uso de agrotóxicos, do aumento de fauna e flora nativas, melhoria da qualidade ambiental e outras externalidades positivas, podemos considerar que a conservação em qualidade de áreas florestais pode ser utilizada como diferencial na certificação dos produtos canavieiros e no uso de propaganda ambiental.

A longo prazo, tais fragmentos florestais estarão povoados com espécies madeireiras raras e, portanto, como muitas delas possuem alto valor agregado o que pode configurar uma alternativa de ganhos para o setor.

A tese de que fragmentos florestais conservados e diversificados com espécies nativas raras e comuns podem ser auxiliares das estratégias de controle de pragas e doenças agrícolas nas condições e período que o experimento foi conduzido se mostrou positiva.

Por trata-se de uma linha de pesquisa relativamente recente e ainda pouco explorada, sugere-se uma continuidade e aprofundamento dos trabalhos investigativos sobre os fatores diretos ou as causas e mecanismos envolvidos nas funções agrícolas de fragmentos florestais conservados e com espécies nativas raras

ANEXO

Lista de Diversidade Arbórea

Anexo A. Dados de campo do levantamento arbóreo da mata do Pinheirinho – Mombuca - SP

Nome Campo	D1 (dtr da árv)	H (alt arv)	Dist centro	científico	escala raridade
Guarantã	148	21	2,55	Esenbeckia leiocarpa	7
Paineira	172	18	4,4	Ceiba speciosa	5
Trichilia	55	8	9,5	trichilia spp.	c
Trichilia C	65	12	2,1	trichilia spp.	c
Arariba	135	25	5,6	Centrolobium tomentosum	5
Guarantã	143	21	3,8	Esenbeckia leiocarpa	7
Guarantã	75	20	6,5	Esenbeckia leiocarpa	7
Peroba (poca)	24	10	2,2	Aspidosperma cylindrocarpon	6
Guaraiuva	89	10	5	Savia dictyocarpa	5
Guarantã	94	18	4	Esenbeckia leiocarpa	7
Trichilia	23	4	5	trichilia spp.	c
Trichilia	26	6	4,7	trichilia spp.	c
Carrapatera	18	6	6,4	Ricinus communis L	c
Peroba (poca)	158	28	4,5	Aspidosperma cylindrocarpon	6
Trichilia	63	12	1,9	trichilia spp.	c
Trichilia	50	12	9,5	trichilia spp.	c
Canela	168	27	2,3	Cinnamomum verum	7
Capitão	96	20	3,7	Terminalia argentea	5
Trichilia	63	14	4,5	trichilia spp.	c
Trichilia	39	8	2,9	trichilia spp.	c
Capiscingui	40	8	2	Croton floribundus	c
Capiscingui	53	8	3	Croton floribundus	c
Guarantã	51	12	3	Esenbeckia leiocarpa	7
Trichilia	31	6	4,5	trichilia spp.	c
Alecrim	52	10	4,2	Holocalyx balansae	7
Couve de vaca	40	12	3,2	Solanum erianthum	7
Peroba	120	25	4	Aspidosperma polyneuron	7
Trichilia	43	10	2,5	trichilia spp.	c
Aparibá	136	15	9	Centrolobium tomentosum	5
Guarantã	46,5	10	2,5	Esenbeckia leiocarpa	7
Guarita	29	8	2,5	Astronium graveolens	7
Trichilia	23	305	1,4	trichilia spp.	c
s1	15,7		1,5		
Trichilia	44	8	2	trichilia spp.	c
Trichilia	26	5	2,5	trichilia spp.	c
Trichilia	24	6	3,5	trichilia spp.	c

Espeteiro	40	10	4	Casearia gossypiosperma	7
Jequitibá	81	14	4	Cariniana estrellensis	c
Trichilia	44	10	2,3	trichilia spp.	c
Trichilia	33	6,8	2,5	trichilia spp.	c
Araribá	91	15	3	Centrolobium tomentosum	5
Guarantã	81	20	2,8	Esenbeckia leiocarpa	7
Trichilia	26	8	1	trichilia spp.	c
Trichilia	56	12	4,5	trichilia spp.	c
Pau-de-embira	126	22	3	Daphnopsis fasciculata	4
Trica	28	8	2,5	trichilia spp.	c
Trichilia	67	14	1,5	trichilia spp.	c
Trichilia	44	10	3	trichilia spp.	c
Guaraiuva	36	10	2,8	Savia dictyocarpa	7
Guarantã	118	22	3,5	Esenbeckia leiocarpa	7
Trichilia		8	2	trichilia spp.	c
Trichilia	39	10	2,2	trichilia spp.	c
Acordea sp.	83	10	5,8	Acordea sp.	?
Espinhosa	24	10	4	Eryngium L	?
Guarantã	89	20	5,5	Esenbeckia leiocarpa	7
Trichilia	43	7	1,1	trichilia spp.	c
Guarantã	32	6	6	Esenbeckia leiocarpa	7
sp 3 n° ind	49	5	1,5		
Trichilia	41	8	3,2	trichilia spp.	c
Urtiga	46-10	10	5,8		c
Guarantã	102	15	3,9	Esenbeckia leiocarpa	7
Jequitibá rosa	3,6	30	2,6	Cariniana estrellensis	c
Trichilia	42	8	2,75	trichilia spp.	c
Trichilia	30	8	1,7	trichilia spp.	c
Guarantã	17	9,5	3,5	Esenbeckia leiocarpa	7
Peroba rosa	49	23	4,5	Aspidosperma polyneuron	7
Trichilha	14	7,5	3,4	trichilia spp.	c
Trichilha	5	4	2,7	trichilia spp.	c
Apocinaceae	13	6,5	2,3		c
guarantã	22	12	1,9	Esenbeckia leiocarpa	7
Guarantã	26,5	11	2,15	Esenbeckia leiocarpa	7
Peroba rosa	27	14	3,7	Aspidosperma polyneuron	7
Conchocarpus	7,5	5	3,7		c
Guaraiuva	18	13	1,95	Savia dictyocarpa	7
Guatauba de sapo	50	26	4,6	Chlorophora tinctoria	7
Trichilha	19	8	3,45	trichilia spp.	c
Apocinaceae	11	0,9	3		c
Guarantã	14	10	2,8	Esenbeckia leiocarpa	7
Hílex	13	55	1,75		c
Peroba rosa	11	10	3,8	Aspidosperma polyneuron	7
Carrapateira	11	10	2	Ricinus communis L	c

Jequitibá Rosa	100	30	2,5	Cariniana estrellensis	c
Trichilha	6	10	2,75	trichilia spp.	c
Trichilha	13	12	1,6	trichilia spp.	c
Guarantã	22	12	2,7	Esenbeckia leiocarpa	7
Trichilha	19	12	3,6	trichilia spp.	c
Trichilha	9	9	2,1	trichilia spp.	c
Trichilha	11	8	1,6	trichilia spp.	c
Apocinaceae	16	14	7		c
Guarantã	29	15	3,8	Esenbeckia leiocarpa	7
Trichilha	18	13	1,6	trichilia spp.	c
Trichilha	9	6	4,1	trichilia spp.	c
Jequitibá	31	14	2,85	Cariniana estrellensis	c
Peroba Rosa	32	16	2,45	Aspidosperma polyneuron	7
s6	50	28	3,1		
Trichilha	10	8	2,2	trichilia spp.	c
Guarantã	34	14	4,8	Esenbeckia leiocarpa	7
Guarantã	27	12	2,5	Esenbeckia leiocarpa	7
Trichilha	15	6	2,9	trichilia spp.	c
Trichilha	7,5	6	3,7	trichilia spp.	c
Guarantã	17	10	4,3	Esenbeckia leiocarpa	7
sem coleta	33	30	7,2		
Trichilha	6	5	2,55	trichilia spp.	c
Trichilha	17	8	3,6	trichilia spp.	c
Carrapateira	7	10	1,05	Ricinus communis L	c
Carrapateira	10	12	4,35	Ricinus communis L	c
Coleta 1	23	22	3,65		
Guarantã	18	14	3,6	Esenbeckia leiocarpa	7
Coleta 1	5	5	3,3		
Coleta 1	8	6	3,3		
sem identificação	12	10	2,1		
Trichilha	7,5	6	1,1	trichilia spp.	c
Coleta 1	5	8	1,5		
Coleta 1	8	16	6,5		
Guarantã	11	12		Esenbeckia leiocarpa	7
Trichilha	11	6	1,7	trichilia spp.	c
Capororoca	10	14	2,1	Rapanea ferruginea	c
Guarantã	17	14	6,3	Esenbeckia leiocarpa	7
Malivédia	5,5	6	1,5		
Trichilha	15	8	2	trichilia spp.	c
Embiruçu	63	27	2,1	Pseudobombax grandiflorum	c
Guaraijuva	26	10	3,1	Savia dictyocarpa	5
Rubiaceae	8	8	1,3		c
sem identificação	7	9	5,2		
Açoite-de-cavalo	9,5	10	3,5	Luehea candicans	6
Hilex	11	6	3,45		c
Joelhinho	5	5	1,35		
Trichilha	9	8	4,05	trichilia spp.	c
Limão bravo	5	5	4,6	Siparuna apiosyce DC	7
Trichilha	5	6	0,5	trichilia spp.	c
Trichilha	14	10	4,85	trichilia spp.	c
Trichilha	13	8	3,8	trichilia spp.	c

Cróton	5	8	2,3	Croton floribundus	c
Cróton	5	8	3,75	Croton floribundus	c
Ingá	11	10	4,1		c
sorocia	6,5	10	1,85	Sorocia bonplandii	5
Carrapateira	8	8	2,9	Ricinus communis L	c
Coleta 1	14	12	1,7		
Jerivá	15	10	2,51	Syagrus romanzoffiana	c
Sorocia	8	8	3,2		5
Carrapateira	7	10	2,4	Ricinus communis L	c
Carrapateira	6,5	10	2,9	Ricinus communis L	c
Drillis	8	12	3,3		c
s2					
Actinostemon	6	6	4,5		c
Hilex	12	18	2,1		c
Limão bravo	11	14	3,1	Siparuna apiosyce DC	7
Trichilha	6	8	1,7	trichilia spp.	c
Carrapateira	11	8	3,2	Ricinus communis L	c
Carrapateira	7	6	3,15	Ricinus communis L	c
Guarantã	36	22	4	Esenbeckia leiocarpa	7
Perola rosa	22	12	4	Aspidosperma polyneuron	7
Actinostemon	6	6	1,75		c
Apicá	16	20	2,65		
Carrapateira	7,5	8	2,65	Ricinus communis L	c
Limão bravo	5	5	1,85	Siparuna apiosyce DC	7
Perola rosa	12,5	14	4,2	Aspidosperma polyneuron	7
s4	5,5	7	2,5		
Trichilha	18	12	1,55	trichilia spp.	c
Trichilha	10,8	8	4,2	trichilia spp.	c
Guarantã	13	10	6,5	Esenbeckia leiocarpa	7
Guarantã	13	10	5	Esenbeckia leiocarpa	7
Pau-marfim	7	4,5	4,2	Balfourodendron riedelianum	7
Sapuva	7	6	2,9	Machaerium stipitatum (DC.)	6
Guarantã	17	12	2,2	Esenbeckia leiocarpa	7
Guarantã	10	10	4,1	Esenbeckia leiocarpa	7
Pau-marfim	6	6	3,8	Balfourodendron riedelianum	7
Trichilha	8	6	1,8	trichilia spp.	c
Angico branco	22	15	3,4	Anadenantera colubrina	c
Cordia	20	15	7		c
Guarantã	18	12	2,8	Esenbeckia leiocarpa	7
Trichilha	9	10	2,5	trichilia spp.	c
Guarantã	14	20	2,9	Esenbeckia leiocarpa	7
s5	7	6	2,9		
Trichilha	14,5	7	5,7	trichilia spp.	c
Trichilha	11	7	1,8	trichilia spp.	c
Cordia	29	20	2,1		c
Guarantã	18	12	2	Esenbeckia leiocarpa	7
Guarantã	20	12	1,5	Esenbeckia leiocarpa	7
Trichilha	11	8	3	trichilia spp.	c
Conchocarpus	5	4,5	1,9		c
Figueira	16	30	3,8		6

Nona	12	10	2,8		
Peroba rosa	22	30	2,7	Aspidosperma polyneuron	7
Mataba	9	6	0,8	Matayba elaeagnoides	6
Trichilha	10	8	1,85	trichilia spp.	c
Trichilha	12	10	0,9	trichilia spp.	c
Trichilha	7	6	7,5	trichilia spp.	c
Casearia	23	18	2,95	Casearia seloana Eichler	6
Casearia	12	9	2,42	Casearia seloana Eichler	6
Pau-marfim	6	6	2,97	Balfourodendron riedelianum (Engl)	7
Trichilha	10	7	1,92	trichilia spp.	c
Concho corpo	7	7	2,25		c
Guarantã	26	17	5,8	Esenbeckia leiocarpa	7
Guarantã	36	23	2,45	Esenbeckia leiocarpa	7
Trichilha	11	8	0,9	trichilia spp.	c
Sorocia/ Mata-olho	19	12	4		c
Trichilha	14	7	2,57	trichilia spp.	c
Trichilha	11	9	3,65	trichilia spp.	c
Trichilha	7	6	2,95	trichilia spp.	c
Ficus	93	25	2,5		6
Guarantã	26	22	1,15	Esenbeckia leiocarpa	7
Guarantã	28	25	1,55	Esenbeckia leiocarpa	7
Jequitibá	104	35	3	Cariniana estrellensis	c
Guarantã	31	20	5,25	Esenbeckia leiocarpa	7
Guatambu Amarelo	33	27	4,9	Aspidosperma subincanum	7
Peroba	7	8	7,5	Aspidosperma cylindrocarpon	6
Trichilha	12	12	3,05	trichilia spp.	c
Falso Actinotermos	6	6,5	4,45		
Guaraiuva	39	25	2,95	Savia dictyocarpa	5
Guaraiuva	5	6	3,67	Savia dictyocarpa	5
Guarantã	32	18	1,9	Esenbeckia leiocarpa	7
Guatambu Amarelo	6	4	2,57	Aspidosperma subincanum	7
Molinedes	10	12	2,04		
Sem identificação	50	6	2,9		
Trichilha	8	8	1,36	trichilia spp.	c
Conchocarpus	5	5	1,07	Conchocarpus	c
Conchocarpus	5,5	5,5	5	Conchocarpus	c
Guarantã	40	20	2,7	Esenbeckia leiocarpa	7
Matarba/ Euprênia	12	12	2,7	Matayba discolor Radlk.	6
Alecrim de campinas	23	25	2,7	Holocalyx balansae	7
Guatambu Amarelo	28	20	2,5	Aspidosperma subincanum	7
Guatambu Amarelo	35	25	4,62	Aspidosperma subincanum	7
Trichilha	13	12	2,7	trichilia spp.	c