

UNIVERSIDADE FEDERAL DE SÃO CARLOS
CENTRO DE CIÊNCIAS E TECNOLOGIAS PARA A SUSTENTABILIDADE
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM SUSTENTABILIDADE NA GESTÃO
AMBIENTAL

JOÃO PAULO AGÁPTO

**INCIDÊNCIA DA FERRUGEM DO EUCALIPTO (*Eucalyptus urograndis*) EM
DIFERENTES ARRANJOS AGROFLORESTAIS**

Sorocaba

2020

JOÃO PAULO AGÁPITO

**INCIDÊNCIA DA FERRUGEM DO EUCALIPTO (*Eucalyptus urograndis*) EM
DIFERENTES ARRANJOS AGROFLORESTAIS**

Dissertação apresentada ao Programa de
Pós-Graduação em Sustentabilidade na
Gestão Ambiental para obtenção do título
de Mestre em Sustentabilidade na Gestão
Ambiental

Orientador: Prof. Dr. Fernando Silveira
Franco

Coorientador: Prof. Dr. Waldir Cintra de
Jesus Junior

Sorocaba

2020

Agápto, João Paulo

Incidência da Ferrugem do Eucalipto (*Eucalyptus urograndis*) em diferentes Arranjos Agroflorestais / João Paulo Agápto. -- 2020.
77 f. : 30 cm.

Dissertação (mestrado)-Universidade Federal de São Carlos, campus Sorocaba, Sorocaba

Orientador: Fernando Silveira Franco

Banca examinadora: Henrique Carmona Duval; José Maria Gusman Ferraz

Bibliografia

1. Ferrugem do eucalipto. 2. Sistema Agroflorestal. 3. Consórcio de espécies. I. Orientador. II. Universidade Federal de São Carlos. III. Título.

Ficha catalográfica elaborada pelo Programa de Geração Automática da Secretaria Geral de Informática (SIn).

DADOS FORNECIDOS PELO(A) AUTOR(A)

Bibliotecário(a) Responsável: Maria Aparecida de Lourdes Mariano – CRB/8 6979



UNIVERSIDADE FEDERAL DE SÃO CARLOS

Centro de Ciências e Tecnologias Para a Sustentabilidade
Programa de Pós-Graduação em Sustentabilidade na Gestão Ambiental

Folha de Aprovação

Defesa de Dissertação de Mestrado do candidato João Paulo Agapto, realizada em 27/05/2020.

Comissão Julgadora:

Prof. Dr. Fernando Silveira Franco (UFSCar)

Prof. Dr. Henrique Carmona Duval (UFSCar)

Prof. Dr. Jose Maria Gusman Ferraz (EMBRAPA)

O presente trabalho foi realizado com apoio da Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior - Brasil (CAPES) - Código de Financiamento 001.

O Relatório de Defesa assinado pelos membros da Comissão Julgadora encontra-se arquivado junto ao Programa de Pós-Graduação em Sustentabilidade na Gestão Ambiental.

DEDICATÓRIA

Dedico esse trabalho aos meus pais, agricultores que desde o início me ensinaram a gostar da terra e da natureza e sempre me incentivaram aos estudos.

Ao meu irmão pelo apoio. A minha esposa e filha por todo carinho e compreensão ao longo desta jornada.

A todos aqueles que torceram por mim...

AGRADECIMENTOS

Inicialmente agradeço a Deus por meio da intercessão de Nossa Senhora por me capacitar para realização desse feito.

Agradeço ao meu orientador Prof. Fernando Silveira Franco e ao meu coorientador Prof. Waldir Cintra de Jesus Junior, agradeço pela atenção e conhecimento transmitido. Obrigado por confiarem em mim.

Aos professores e amigos da UFSCar *campus* Lagoa do Sino: Henrique Carmona Duval; Gilmar Perbiche Neves; Gabriel Lopes da Rocha; Alexandre Camargo Martensen; Iuri Emmanuel de Paula Ferreira; André Marcondes Andrade Toledo; Paulo Guilherme Molin; Ricardo Serra Borsatto; Fernando Periotto; Gustavo Fonseca de Almeida; Luiz Manoel de Moraes Camargo Almeida; Cássia Maria Bonifacio; Daniel Baron; Daniel Silveira Pinto Nasif. Cada um de vocês me ajudou com algo para realização desse trabalho, mais uma vez manifesto meu muito obrigado!

A todos os alunos do Centro de Ciências da Natureza que me ajudaram nas coletas de campo em especial aos alunos: Gabriela Vieira Urushimoto da Silva; Caio Rodrigues Serafim; Luiz Henrique de Lima Peguin; Mirella de Fátima Rochel. A vocês meus alunos eterna gratidão.

Aos meus colegas técnicos do *campus* UFSCar Lagoa do Sino pela parceria, pelo apoio, troca de experiência, incentivo. Estamos juntos!

Agradeço de maneira muito especial à pessoa do Sr. Raduan Nassar pela doação de uma fazenda de 643 hectares para a criação do *campus* UFSCar Lagoa do Sino. Graças a sua nobreza muitos jovens do território do sudoeste paulista, assim como de outras regiões, poderão ter acesso ao ensino superior gratuito de qualidade.

Por fim agradeço a instituição Universidade Federal de São Carlos – UFSCar, por aceitar o desafio de implantar o *campus* Lagoa do Sino e por me proporcionar todas as condições necessárias para poder realizar esse sonho de estudar mais.

RESUMO

AGÁPTO, João Paulo. Incidência da ferrugem do eucalipto (*Eucalyptus urograndis*) em diferentes arranjos agroflorestais. 2020. 74 f. Dissertação (Mestrado em Sustentabilidade na Gestão Ambiental) – Universidade Federal de São Carlos, *campus* Sorocaba, Sorocaba, 2020.

Considerada uma das principais doenças do eucalipto, a ferrugem (*Puccinia psidii*) pode ocasionar sérios danos à cultura caso estratégias adequadas de manejo não sejam implantadas. De modo geral tem-se monocultura de eucalipto, com implicações epidemiológicas importantes, dado que a dinâmica espaço-temporal de uma doença é afetada pela distribuição da cultura no campo. Não se tem informações na literatura sobre o desenvolvimento da ferrugem em condição consorciada em sistema agroflorestal. O objetivo desse estudo foi comparar o progresso da ferrugem no eucalipto consorciado com diferentes espécies, em condições naturais de infecção. O experimento foi composto por três tratamentos (consórcios), dispostos de forma completamente aleatorizada no espaço. Em cada tratamento o eucalipto foi plantado com duas espécies diferentes, a saber: T1 – Cedro Australiano (*Toona ciliata*) + Eucalipto (*Eucalyptus urograndis*) + Banana (*Musa acuminata*); T2 - consórcio Amora (*Morus celtidifolia*) + Eucalipto + Pupunha (*Bactris gasipaes*), e T3 - Mogno Africano (*Khaya ivorensis*) + Eucalipto + Banana. Cada tratamento possuiu seis repetições, totalizando 18 parcelas de 9m² (2m x 4,5m), dispostos em linhas/aleia. Foram analisados a altura e diâmetro da planta, incidência e severidade da doença quinzenalmente. Os dados foram coletados em dois momentos distintos: (pré-poda que foi no período de 17/08/2018 à 09/01/2019 e pós-poda que ocorreu de 17/04/2019 à 13/08/2019). Os dados foram submetidos à análise de variância e as diferenças comparadas pelo teste de Tukey (p<0,05). Verificou-se que o eucalipto apresentou melhor desenvolvimento em altura e diâmetro no tratamento T2. A intensidade da doença foi significativamente menor quando se utilizou o tratamento T2, tanto em termos de incidência quanto severidade. Com base nos resultados, conclui-se que o plantio de eucalipto em consórcio com as espécies Amora + Eucalipto + Pupunha proporcionou menor intensidade da ferrugem.

Palavras-chave: Ferrugem do eucalipto. Sistema Agroflorestal. Consórcio de espécies.

ABSTRACT

AGÁPTO, João Paulo. Incidence of eucalyptus rust (*Eucalyptus urograndis*) in different agroforestry arrangements. 2020. 74 f. Dissertation (Master in Sustainability in Environmental Management) - Federal University of São Carlos, Sorocaba *campus*, Sorocaba, 2020.

Considered one of the main eucalyptus diseases, rust (*Puccinia psidii*) can cause serious damage to the crop if adequate management strategies are not implemented. In general, there is eucalyptus monoculture, with important epidemiological implications, given the fact that the spatio-temporal dynamics of the disease is affected by the distribution of the culture in the field. There is no information in the literature about the development of rust in consortium condition, such as in an agroforestry system. The aim of this study was to compare the rust progress in eucalyptus intercropped with different species, under natural infection conditions. The experiment consisted of three treatments, arranged completely randomly in space. In each treatment the eucalyptus was planted with two different species, namely: T1 - Australian Cedar (*Toona ciliata*) + Eucalyptus (*Eucalyptus urograndis*) + Banana (*Musa acuminata*); T2 - consortium Amora (*Morus celtidifolia*) + Eucalyptus + Pupunha (*Bactris gasipaes*), and T3 - African Mahogany (*Khaya ivorensis*) + Eucalyptus + Banana. Each treatment had six repetitions, totaling 18 plots of 9 m² (2 m x 4.5 m), arranged in alleys. Plant height and diameter, disease incidence and severity were analyzed every fifteen days. The data were collected in two different moments: pre-pruning that was in the period from 08/17/2018 to 09/01/2019 and post-pruning that occurred from 17/04/2019 to 08/13/2019. We used ANOVA followed by the Tukey test, to evaluate differences among treatments. Eucalyptus presented better development in height and diameter in the T2 treatment. The intensity of disease was also significantly lower in T2, both in incidence and severity. The results suggested that the eucalyptus planted in consortium with Amora + Eucalyptus + Pupunha provided less rust intensity.

Keywords: Eucalyptus rust. Agroforestry system. Species consortium.

SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO	11
2 OBJETIVOS	13
2.1 OBJETIVO GERAL	13
2.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS	13
3 FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA.....	13
3.1 FERRUGEM DO EUCALIPTO.....	13
3.1.1 O Patógeno da Ferrugem do Eucalipto	13
3.1.2 Sintomatologia	16
3.1.3 Ferrugem do Eucalipto em Sistema Agroflorestal	17
4 SISTEMA AGROFLORESTAL X MONOCULTIVO: Algumas considerações sobre fitopatologia de doenças em cultivos nesses sistemas.....	19
5 SISTEMA AGROFLORESTAL	22
5.1 DESAFIOS À PRÁTICA AGROFLORESTAL	24
5.2 SISTEMA AGROFLORESTAL (SAF): DEFINIÇÕES E CONCEITO	27
5.3 ALGUNS EXEMPLOS DE SISTEMA AGROFLORESTAL (SAF).....	30
5.4 SISTEMAS AGROFLORESTAIS SEQUENCIAIS	31
5.4.1 Agricultura migratória.....	31
5.4.2 Sistema Taungya.....	32
5.5 SISTEMAS AGROFLORESTAIS SIMULTÂNEOS	33
5.5.1 Sistema de Integração Lavoura-Pecuária-Floresta (ILPF)	33
5.5.2 Os Hortos e Pomares Caseiros Mistos	35
5.5.3 Cultivos em Aleias ou Alley Cropping.....	35
5.6 CERCAS VIVAS E CORTINAS QUEBRA-VENTOS.....	37
6 MATERIAIS E MÉTODOS	37
6.1 CARACTERIZAÇÃO DA ÁREA EXPERIMENTAL.....	37
6.1.1 Delineamento Experimental	40

6.1.2 Análise de dados	44
7 RESULTADOS E DISCUSSÃO	44
7.1 PERÍODO PRÉ-PODA.....	44
7.2 VARIÁVEIS DE CRESCIMENTO	44
7.2.1 Altura total da planta	46
7.2.2 Diâmetro da planta a 0,20m.....	48
7.3 VARIÁVEIS FITOPATOLÓGICAS	50
7.3.1 Incidência da doença	50
7.3.2 Severidade da doença	53
7.4 PERÍODO PÓS-PODA.....	57
7.5 VARIÁVEIS DE CRESCIMENTO	57
7.5.1 Diâmetro a altura do peito (DAP)	57
7.6 VARIÁVEIS FITOPATOLÓGICAS	58
7.6.1 Incidência da doença	58
7.6.2 Severidade da doença	60
8 CONSIDERAÇÕES FINAIS.....	63
9 CONCLUSÃO.....	64
REFERÊNCIAS	65

1 INTRODUÇÃO

O eucalipto pertence à família das *Myrtaceae*, é uma planta originária da Austrália e de ilhas adjacentes da Oceania. Existem mais de 700 espécies do gênero *Eucalyptus* reconhecidas botanicamente. Entretanto, na atualidade pouco mais de vinte espécies são utilizadas para fins comerciais em todo o mundo (PRYOR, 1976; SANTORA et al., 2014; RUIZ, 2019).

De acordo com Payn et al., (2014, 2015) ao analisarem dados das áreas com florestas plantadas no mundo no período de 1990 a 2015, observaram que estas se encontram em ascensão, e que as florestas plantadas estão sendo cada vez mais vistas como complementares as florestas naturais e não como substitutas. Os mesmos autores comentam ainda que os produtos e serviços prestados por essas florestas, assim como o manejo dessas áreas, estão tornando-se cada vez mais diversificados.

Nesse sentido, Payn et al., (2015) comentam que do total de florestas plantadas no mundo, somente 19% são com espécies exóticas ou introduzidas e que 88% desses plantios se concentram na América do Sul. Com relação ao Brasil a grande dominância de florestas plantadas com espécies exóticas ocorre majoritariamente com as do gênero *Eucalyptus* (SANTORA et al., 2014).

Desde sua introdução no Brasil no século XIX (MORA e GARCIA, 2000; MARTINI, 2004; FOELKEL, 2005) a cultura do eucalipto tem ganhado destaque e se consolidado como uma espécie estratégica, sobretudo para o uso da indústria dentro dos seus vários seguimentos como papel e celulose, carvão, movelaria, serraria, óleos essenciais, construção civil, entre outros (TAKAHASHI, 2002; VALVERDE et al., 2004; FONSECA, 2015), podendo ainda ser utilizado para fins paisagísticos, preservação de espécies nativas e recuperação de áreas degradadas (FURTADO, 2008).

Além de servir de matéria-prima aos seguimentos já mencionados, a madeira do eucalipto também atende as necessidades de agricultores familiares e de outros moradores da zona rural que conseguem cortar e fazer uso da madeira de forma legal perante a lei, dado ao eucalipto ser uma espécie exótica, não implicando, portanto em infrações ambientais, desse modo, moradores do campo se beneficiam com sua utilização em construções rurais como cercas, estábulos, barracões, paióis, casas, entre outros.

O eucalipto é uma espécie arbórea de crescimento relativamente rápido e de certa rusticidade em comparação a outras espécies florestais, apresentando ainda madeira

caracteristicamente de boa qualidade para usos diversos. Tais fatores contribuíram para que atualmente a área plantada com eucalipto no Brasil chegasse a mais de 7,5 milhões de hectares, 19,05% a mais do que em 2013 quando a área plantada era de 6,3 milhões de hectares (IBGE, 2018). Com relação a sua distribuição, a região Sudeste concentra a maior área plantada, sendo que, no Estado de São Paulo a área plantada é de 936 mil hectares, possuindo, portanto a segunda maior área plantada com eucalipto no país. No momento o Estado de Minas Gerais lidera o ranking nacional com 1,36 milhão de hectares plantados (IBÁ, 2019).

De acordo com Valverde et al., (2004), devido sua alta adaptabilidade às condições de clima e solo no Brasil, rapidamente o eucalipto conquistou espaços em áreas de grandes empresas produtoras de madeira sob o modelo monocultural. Contudo, o plantio do eucalipto em pequenas propriedades rurais tornou-se prática comum devido seu bom desenvolvimento e versatilidade de usos, aumentando assim a diversidade da produção.

Apesar de o eucalipto ser uma cultura de crescimento relativamente rápido e de certa rusticidade em comparação a outras espécies florestais, diversos pesquisadores já revelaram que o gênero (*Eucalyptus spp*) apresenta susceptibilidade ao ataque do fungo (*Puccinia psidii* Winter) comumente conhecido como ferrugem do eucalipto (FERREIRA, 1983; COUTINHO et al., 1998; CARVALHO, 1998; BOAVA et al., 2010; MASSON et al., 2011).

Essa doença traz sérios danos à planta ocasionando perdas em qualidade e quantidade, sobretudo nos primeiros dois anos de plantio, sua presença ocorre em todas às regiões brasileiras, mas principalmente nas regiões que apresentam condições ambientais favoráveis ao patógeno com relação à umidade relativamente alta e temperatura amena. (SANTOS, 2006; ZAUZA, 2007).

A disseminação dos esporos desse patógeno é promovida pelo orvalho, gotas de água, por insetos, pássaros e ainda pelo vento. O *Puccinia psidii* incide também sobre várias espécies da família das Myrtaceae não somente as do gênero *Eucalyptus*, mas também as dos gêneros *Corymbia*, *Psidium*, *Eugenia* e *Syzygium*, que possuem espécies de grande importância comercial (FONSECA, 2015).

Dado à relevância dos danos ocasionados a cultura do eucalipto, seja de ordem econômica, seja de ordem agrônômica, o fato é que a ferrugem do eucalipto há anos tem sido tema de investigação por inúmeros pesquisadores que tem procurado identificar ações mitigadoras dos males causados por esse patógeno, seja através de controle químico, da busca por uma progênie ou do genótipo mais resistente, da análise espacial e temporal, da

quantidade ideal para o molhamento foliar, do zoneamento climático, entre outros. A realidade é que a ferrugem do eucalipto demanda ainda mais investigações sobre sua epidemiologia (CARVALHO et al., 1998; SANTOS, 2006; MASSON et al., 2011; ROSSI, 2013; MASSON, 2009; FONSECA, 2015; BORA et al., 2016; FERREIRA et al., 2017).

2 OBJETIVOS

2.1 OBJETIVO GERAL

Avaliar o efeito de diferentes consórcios entre espécies na epidemiologia da Ferrugem do Eucalipto dentro de um Sistema Agroflorestal (SAF).

2.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- a) Conhecer a epidemiologia da Ferrugem do Eucalipto em Sistema Agroflorestal e propor novos métodos de controle da doença;
- b) Avaliar qual combinação entre espécies pode ser um consórcio mais promissor para plantios de eucalipto em Sistema Agroflorestal;
- c) Identificar modelos mais sustentáveis na produção do eucalipto capazes de dispensar o uso de fungicidas para controle do (*Puccinia psidii* Winter).

3 FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA

3.1 FERRUGEM DO EUCALIPTO

3.1.1 O Patógeno da Ferrugem do Eucalipto

A primeira descrição do fungo no Brasil ocorre em 1884 em plantas de goiabeira (*Psidium guajava*) por Winter (1884). No entanto, com relação a sua ocorrência na espécie *Eucalyptus* a primeira descrição formal em termos científicos foi realizada por Joffily na década de 1940, em seu trabalho seminal de investigação do então fungo da ferrugem da

goiaba o *Puccinia psidii* Winter (JOFFILY, 1944) em espécie de *Eucalyptus citriodora* (Hook.), na atualidade *Corymbia citriodora* (Hook). K.D. Hill & L.A.S. Johnson, estabelecido a partir de 1995 como um novo grupo taxonômico de Myrtaceae (HILL e JOHNSON, 1995; DÖLL-BOSCARDIN et al., 2010).

Entretanto, o próprio Joffily indica que a primeira menção válida a propósito do até então “à época” novo fungo parasita do eucalipto no Brasil, já havia sido apresentada anteriormente por Gonçalves (1929) na sua "Lista Preliminar das Doenças das Plantas Cultivadas do Estado de Espírito Santo” (JUNGHANS, 2000).

O *P. psidii* é um fungo nativo da América do Sul, atualmente além de encontrar-se amplamente distribuído na América do Sul (Argentina, Brasil, Colômbia, Equador, Paraguai, Uruguai e Venezuela) assim como, na América Central e Ilhas do Caribe (COUTINHO et al., 1998; ALFENAS et al., 2005; ZAUZA, 2007; MASSON et al., 2011), é encontrado também na América do Norte Havaí, México, Flórida (UCHIDA; ZHONG; KILLGORE, 2006; ESPERÓN-RODRÍGUEZ et al., 2018).

Sendo que sua migração vem sendo relatado a partir da última década também para outros continentes como Ásia Japão, Indonésia (KAWANISHI et al., 2009; MC TAGGART et al., 2016), África do Sul (ROUX et al., 2013, 2016) e Oceania Austrália (CARNEGIE et al., 2010).

O fungo do *P. psidii* acomete não somente as plantas do gênero *Eucalyptus*, mas também muitas outras do gênero *Myrtaceae*, infectando plantas florestais e frutíferas nativas do Brasil como goiabeira, jabuticabeira, araçazeiro, pitangueira, entre outras mirtáceas exóticas como jambeiro, melaleuca, jamelãozeiro. (COUTINHO et al., 1998; APARECIDO, 2001; FURTADO e MARINO, 2003; MASSON, 2009; PIZETTA et al., 2016).

A ferrugem do eucalipto é conhecida também por “ferrugem das mirtáceas”, pois como já mencionado, o fungo *Puccinia psidii* Winter infecta importantes mirtáceas florestais e frutíferas, nativas e exóticas, que além de servirem para alimentação de animais e humanos, possuem grande importância econômica, ecológica, e medicinal. (BALDIN, 2017; JOFFILY, 1944; MASSON, 2009; MORAES et al., 2014).

Neste sentido, Auer e Santos (2011) lembram que o fungo *P. psidii* apresenta grande número de hospedeiros nativos (mirtáceas), desta forma a fonte de inóculo natural advindo das matas nativas garante a ocorrência contínua da doença, tornando o controle mais difícil de ser executado. Segundo os mesmos autores, tais hospedeiros do patógeno causador da

ferrugem não podem ser eliminados, uma vez que fazem parte da estrutura da floresta nativa e as mirtáceas são fontes de alimento, tanto para a fauna silvestre como para os humanos.

Assim sendo, a ferrugem do eucalipto tem despertado grande preocupação no setor florestal, por ser considerada a principal doença deste gênero. Desta forma, instituições de ensino e pesquisa brasileiras, empresas privadas, entre outras têm direcionado suas pesquisas para estudos de aspectos epidemiológicos e desenvolvimento de estratégias para o controle dessa doença (AUER e SANTOS, 2011).

Conforme Junghans (2000) até a década de 1970 considerava-se o eucalipto uma essência florestal praticamente livre de doenças. No entanto, com o avanço das áreas reflorestadas para regiões mais quentes e úmidas, o plantio de espécies mais suscetíveis e a utilização repetitiva de uma mesma área para plantio, criaram condições propícias à ocorrência de doenças. Dentre elas, a ferrugem, causada pelo fungo *Puccinia psidii* Winter.

Todavia atualmente é considerada uma das mais importantes doenças do Eucalipto no país, em função do grave prejuízo que pode ocasionar aos eucaliptais (JUNGHANS et al., 2003; APARECIDO e VALE, 2012; SILVA et al., 2014; BORA et al, 2016, MORAES et al, 2014). A ferrugem causada por *Puccinia psidii* Winter é apontada como uma das mais severas doenças para a cultura do eucalipto no Brasil.

Os danos que a ferrugem causa nas plantações variam em função, sobretudo do ambiente, da época, da idade do plantio e dos genótipos utilizados, podendo variar de 19,79% a 48,3% na produtividade da madeira (TAKAHASHI, 2002; SANTOS, 2006; MASSON, 2009; CAROLINA e VERDI, 2016).

As condições ambientais influenciam diretamente a dinâmica de infecção do *P. psidii*, principalmente nas fases de germinação e penetração. O fungo necessita de umidade sobre as folhas e brotações, preferencialmente em condições noturnas, para que os urediniosporos germinem e penetrem na planta hospedeira (BORA et al., 2016).

A ferrugem incide em plantas jovens, tanto no viveiro como no campo, com temperaturas variando entre 15 a 25 °C, sendo 23 °C considerada temperatura ótima, associado a períodos prolongados de molhamento foliar, como orvalho noturno ou garoas por períodos superiores a 6 h, por 5 a 7 dias consecutivos são condições climáticas favoráveis à infecção (RUIZ et al., 1989; AUER et al., 2012; BORA et al., 2016; MORAES et al., 2014).

A germinação é o primeiro passo para se iniciar o processo de infecção, portanto, se as condições ambientais não forem favoráveis, ou seja, temperaturas acima dos 25 °C e ausência

de molhamento foliar a ferrugem não se estabelece (BORA et al., 2016; MORAES et al., 2014).

3.1.2 Sintomatologia

É imprescindível conhecer os sintomas causados por um patógeno, pois somente assim ações protetivas poderão ser elaboradas em favor da cultura. Todavia, há casos em que os sintomas da doença podem ser confundidos com a senescência natural dos tecidos do hospedeiro, dessa forma, é importante que o avaliador conheça bem os sintomas da doença para não incorrer em erros de diagnóstico (SILVA e MICHEREFF, 2016).

De acordo com Jesus Junior et al., (2007) o conhecimento epidemiológico das interações patógeno, hospedeiro e ambiente é de suma importância para o manejo das doenças das plantas. Portanto, conhecer e identificar os fatores que influenciam o desenvolvimento das doenças é condição primordial para se obter êxito na execução das estratégias de manejo.

Nesse sentido, Joffily (1944) descobriu que as pústulas da ferrugem que parasitavam o eucalipto eram do gênero *Puccinia*. O *Puccinia psidii* é um organismo biotrófico que vive e se reproduz unicamente dentro das células vivas do hospedeiro, sua propagação se dá por meio de esporos na forma de uredíniosporos e de teliosporos. No início do ataque surgem pequenas pontuações salientes nas folhas que evoluem para pústulas de uredíniosporos amarelos, característica marcante da doença (ZAMBOLIM; JESUS JUNIOR; PEREIRA, 2012; FONSECA, 2015).

É por meio de pústulas de coloração amarela que, em termos práticos, se faz o diagnóstico da doença em condições de campo. Essas pústulas começam a desaparecer após uma a duas semanas dos órgãos atacados, são reações da planta às infecções, em seguida, surgem áreas hipertrofiadas verrugosas com forte coloração ferrugínea (MOTTA et al., 2012).

Causadora de sérios danos à planta acarretando perdas em qualidade e quantidade, sobretudo nos primeiros dois anos de plantio. A ferrugem ocorre em todas às regiões brasileiras, sobretudo nas regiões que apresentam condições ambientais favoráveis ao patógeno com relação à umidade relativamente alta e temperatura amena (SANTOS, 2006; ZAUZA, 2007; FURTADO, 2008).

O fungo da ferrugem afeta diretamente o crescimento e a produção de plantas de eucalipto, posto que, causa necrose da área foliar e conseqüentemente, destruição da clorofila

e redução da fotossíntese, resultando assim na diminuição do crescimento e da produção da planta (ZAMBOLIM e JESUS JUNIOR, 2012).

A disseminação dos esporos desse patógeno é promovida pelo orvalho, gotas de água, por insetos, pássaros e ainda pelo vento. O *Puccinia psidii* incide também sobre várias espécies da família das *Myrtaceae*, não somente as do gênero *Eucalyptus*, mas também as dos gêneros *Corymbia*, *Psidium*, *Eugenia* e *Syzygium*, que possuem espécies de grande importância comercial (FONSECA, 2015).

Normalmente a infecção ocorre em órgãos juvenis como folhas, ramos, inflorescências, e frutos novos em desenvolvimento, causando deformações dos órgãos, perda da dominância apical incidindo na redução do crescimento, além de ocasionar a morte dos indivíduos mais susceptíveis (CARVALHO et al., 1998; TAKAHASHI, 2002; SANTOS, 2006; ZAUZA, 2007).

Conforme mencionam Auer e Santos (2011), Bora (2016) e Auer et al. (2016) a ferrugem do eucalipto causa sérios danos à planta provocando lesões em folhas jovens e brotações principalmente em plantios com idade de 3 a 12 meses, fatores que prejudicam o processo fotossintético, reduzindo o crescimento das árvores levando a queda da produtividade de plantios nos anos de maior severidade.

3.1.3 Ferrugem do Eucalipto em Sistema Agroflorestal

Em consonância com Pieri (2016) a captação de material na literatura que aborde a questão da ferrugem do eucalipto especificamente em sistema agroflorestal, não é tarefa fácil, visto que, no concernente ao ataque de doenças, escassos são os estudos na eucaliptocultura em ambientes mais biodiversos.

Contudo, é possível encontrar vasta quantidade de estudos e pesquisas sobre o patógeno da ferrugem do eucalipto desde a fase laboratorial, viveiro até alguns anos após o plantio. Tais trabalhos tem buscado contribuir com as mais diferentes formas de investigação sobre a doença, como já citado anteriormente (COUTINHO et al. 1998; BOAVA et al. 2010, FERREIRA et al., 2017).

Assim sendo, a grande maioria dos estudos que abordam a ferrugem do eucalipto como questão central, foi desenvolvida não em ambientes diversificados como os sistemas agroflorestais, e sim, como já mencionado em laboratórios, casa de vegetação e, sobretudo,

em plantios homogêneos como o monocultivo. (SILVA et al., 2013; BORGES et al., 2019; CARVALHO et al., 1998; YONG, et al., 2019; BARONI et al., 2020).

Todavia, encontram-se inúmeros trabalhos realizados em sistema agroflorestal sobre o patógeno da ferrugem, más não sobre o *Puccinia psidii* que ataca as mirtáceas incluindo o eucalipto e sim o patógeno da ferrugem (*Hemileia vastatrix*) que ataca a cultura do cafeeiro (*Coffea arabica* L.). Pesquisadores como (CAMPANHA et al, 2004; SANTOS et al., 2012) realizaram estudos considerando o comportamento desse tipo de ferrugem em sistema agroflorestal.

De igual modo, outros pesquisadores abordaram a questão da ferrugem do cafeeiro em sistema de consórcio com outras espécies, como: (SALGADO et al., 2001) consórcio café e ingazeiro (*Inga sessilis*); (SALGADO et al., 2007) consórcio café, Ingazeiro (*Inga vera* Willd) e grevêlea (*Grevilea robusta* Cunn.); (SOUZA et al., 2009) consórcio café (*Coffea canephora*) com Pupunha (*Bactris gasipaes*).

Entretanto, Siviero et al., (2016; 2019) foram um dos poucos pesquisadores que ao trabalhar com doenças do eucalipto em sistema agroflorestal, realizaram abordagem mais direta sobre o *P. psidii*. Ao estudarem a ferrugem do eucalipto em sistema agroflorestal em uma propriedade do município de Rio Branco-AC, Siviero et al., (2016) observaram que a doença predominou em plantas jovens com até 06 meses de idade, e que a ferrugem traz sérios danos a cultura se não houver manejo adequado.

Já Pieri (2016) avaliou o progresso da ferrugem do eucalipto em sistema de monocultivo e em plantio consorciado, eucalipto x (*Acacia mangium*). No entanto, conforme a autora o estudo não apresentou diferença significativa entre o plantio consorciado e o plantio em monocultivo.

Assim sendo, verifica-se que até o momento ainda não se encontram na literatura grande disponibilidade de estudos e pesquisas sobre o comportamento da ferrugem do eucalipto especificamente em sistema agroflorestal, até mesmo em outros sistemas mais biodiversos como os de Integração Lavoura, Pecuária e Floresta. Nota-se que o estudo da ferrugem do eucalipto nesses sistemas encontra-se ainda em estágio incipiente, carecendo, portanto, de mais pesquisas com essa finalidade.

4 SISTEMA AGROFLORESTAL X MONOCULTIVO: Algumas considerações sobre fitopatologia de doenças em cultivos nesses sistemas

Neste tópico pretende-se considerar somente o aspecto fitopatológico a respeito dos cultivos em sistema agroflorestal e em sistema de monocultivo, pois é sabido que amplo é o debate em torno das potencialidades e limitações presentes nesses dois sistemas produtivos e que em ambos há inúmeras características que poderiam ser exploradas.

Assim sendo, o desenvolvimento de doenças em plantas está relacionado a três fatores: o patógeno, o hospedeiro e o ambiente. Sendo que, cada um desses fatores exerce papel fundamental no desenvolvimento das epidemias e, portanto, deve ser estudado em particular para o entendimento dos meios que afetam o ciclo da doença. Porém, o ambiente exerce papel predominante sobre os demais, uma vez que também os influencia (JESUS JUNIOR et al., 2007).

Diante disso, ao considerar tão somente a questão epidemiológica das doenças e sua dinâmica em ambientes cultivados sob consórcio e em monocultura Lai et al. (2017) argumentam que os agroecossistemas com alta diversidade de culturas (por exemplo, espécies ou diversidade genética) podem ser mais estáveis ou menos favoráveis às pragas do que as monoculturas e, portanto, resultam em menos danos às culturas.

Tal afirmação também é corroborada por Lai et al. (2011), que ao realizarem plantios solteiros de tabaco e consorciado com alho, constaram que o consórcio foi favorável a diminuição dos danos causados pelo pulgão verde pêssago, vírus do mosaico do tabaco e murcha bacteriana do tabaco (*Ralstonia solanacearum*).

Os sistemas de cultivo empregados na atualidade preconizam em sua maioria o ambiente simplificado, que abrange grandes áreas de terra cultivada em substituição a diversidade de plantas nativas por outras cultivares específicas ou monoculturas a exemplo do eucalipto e da soja no Brasil. Tais sistemas produtivos ocasionam ao longo do tempo a perda de recursos vegetais cultivados por povos tradicionais, reduzindo ainda os benefícios proporcionados pela diversidade nos agroecossistemas, com relação ao equilíbrio entre produção, pragas e doenças (HE et al., 2019).

A grande maioria dos campos de cultivo nos Estados Unidos e no mundo é plantada com variedades genéticas únicas. Logo, toda planta em um campo é quase geneticamente idêntica à sua vizinha. Essas cultivares são desenvolvidas para ter características agronômicas homogêneas (ou seja, diversidade genética limitada), como altura, germinação, tempo de

desenvolvimento, conjunto de sementes e conteúdo de proteínas, para facilitar a logística da agricultura e maximizar o rendimento. No entanto, a variação genética limitada é um passivo que deixa os campos vulneráveis a invasões e surtos de pragas (TOOKER e FRANK, 2012).

De acordo com Smith et al. (2015) estudos sobre projeções futuras a respeito das principais operações agrícolas comerciais, sugerem que o manejo de doenças em monoculturas que usam pesticidas e práticas padrão de cultivo e melhoramento genético podem ter sucesso limitado, vindo a tornar-se progressivamente mais caro ao longo do tempo, prejudicando a viabilidade econômica. O gerenciamento do risco de doenças de plantas, aumentando a diversidade de culturas, concede benefícios potenciais de rendimentos estáveis (SMITH et al., 2015).

Em estudo sobre incidência de doenças em tomateiro orgânico conduzido sob sistema de monocultivo e policultivo, verificou-se que o tomateiro no monocultivo apresentou aproximadamente 24% mais plantas com sintomas do vira-cabeça-do-tomateiro em comparação ao policultivo, e conseqüentemente, o tomateiro em monocultivo apresentou maior porcentagem de frutos com sintomas do vira-cabeça-do-tomateiro 32,5% em comparação ao policultivo 19,48% (GOMES et al., 2012).

Da mesma maneira, Armengot et al. (2020) ao realizarem estudo comparativo sobre sistema agroflorestal e monocultura de plantas de cacau situados nos Andes Boliviano, observaram que a doença da vassoura-de-bruxa apresentou maior incidência nas monoculturas, quando comparada aos sistemas agroflorestais. Os mesmos autores identificaram ainda que, os níveis de incidência de doenças e pragas nos sistemas agroflorestais foi relativamente baixo.

Já Medeiros et al. (2019) ao estudarem uma das principais doenças da cultura da mandioca a podridão radicular causada pelo fungo (*Scytalidium lignicola*) avaliaram a capacidade supressora natural de três diferentes tipos de solos contra a *S. lignicola*, sendo: solos de floresta, de sistemas de monocultivo e solo de consorciamento. Os autores concluíram que a diversidade de plantas encontradas nos sistemas consorciados introduz características ao solo que ajudam a mandioca na supressão da podridão radicular causada por *S. lignicola*.

Os autores afirmam ainda que o sistema de plantio consorciado melhorou a qualidade do solo, sendo que, os sistemas de consócio utilizados no experimento em relação ao de monocultivo, produziram mudanças na qualidade do solo, sobretudo na população e

densidade de microorganismos, atividades enzimáticas, carbono orgânico e nutrientes, reduzindo a gravidade da doença em plantas de mandioca.

Entretanto, Matos et al. (2014) ao realizarem estudo comparativo entre plantios solteiro e consorciado entre as culturas da soja e pinhão manso (*Jatropha curcas* L.), verificaram nesse caso que devido ao efeito do sombreamento as plantas de soja cultivadas em sistema consorciado apresentaram 73% mais incidência de pústula bacteriana, bem como maior severidade em relação ao cultivo solteiro.

Resultado semelhante ao de Matos et al. (2014) foi observado por Campanha et al. (2004) ao proceder análise comparativa sobre incidência da doença da ferrugem do café (*Hemileia vastatrix*) e cercosporiose (*Cercospora coffeicola*) em cafeeiro cultivado sob sistema agroflorestral com árvores nativas e frutíferas e somente café em monocultivo, constataram que as doenças tiveram maior incidência no SAF e não no monocultivo, provavelmente pelo efeito arborização.

De igual modo Chalfoun et al. (2019) ao analisarem o efeito da ferrugem do café em sistema de consórcio e a pleno sol, puderam observar menor intensidade da doença no sistema de cultivo a pleno sol. Tal estudo revelou ocorrência significativamente maior de ferrugem nas plantas arborizadas, no caso os consórcios entre a cultivar Catuai-IAC 99 de café + abacate (*Persea americana*) e também café + macadâmia (*Macadamia integrifolia*). Os autores consideram que devido à diminuição na luz solar direta e favorecimento de um ambiente mais úmido, possa ter propiciado o desenvolvimento da ferrugem no sistema cafeeiro consorciado (CHALFOUN et al., 2019).

Contudo, em contrapartida Xu et al. (2015) ao estudarem o patógeno da murcha da melancia (*Fusarium oxysporum* f. sp. niveum) em situação de monocultivo e plantio consorciado com a cultura do trigo, verificaram que a taxa de incidência de murcha de *Fusarium* na melancia em sistema de monocultura foi de 46,4%, enquanto a taxa de incidência da murcha de *Fusarium* na melancia consorciada com trigo foi de 13,3%, demonstrando assim, que esse consórcio tem potencial de proteção da melancia ao patógeno causador da infecção.

Em face das considerações aqui apresentadas por diversos pesquisadores sobre a questão fitopatológica de doenças em múltiplas culturas, cultivadas tanto em sistema agroflorestral, biodiverso ou consorciado, em comparação ao sistema de plantio sob monocultivo, percebe-se que na maioria dos estudos os plantios que possuem algum tipo de consórcio ou interação entre plantas no mesmo espaço e tempo como os SAF's, estes apresentam em geral resultados mais promissores.

Porém, fica claro que em alguns casos o sistema de monocultivo pode levar alguma vantagem quando o quesito considerado é de ordem fitopatológica. Sobretudo, nos casos em que plantas de dossel maior exercem sombreamento em plantas menores no sistema, alterando o ambiente de forma a propiciar a proliferação de fungos.

5 SISTEMA AGROFLORESTAL

Após o crescente aumento populacional desencadeado desde a revolução industrial no século XVIII, ultrapassando na atualidade mais de 7,7 bilhões de habitantes no mundo (ONU, 2019), juntamente com a necessidade de se suprir a demanda por alimentos cada vez maior dessa crescente população, tem ocorrido maior pressão nos ecossistemas e biomas dos diferentes continentes e alguns casos levado a exaustão dos recursos naturais disponíveis na busca por alimentos (ROLIM et al., 2014).

A intensificação do uso da terra em áreas já antropizadas é uma das alternativas mais difundidas pelos diferentes agentes envolvidos com a questão do desenvolvimento sustentável da agricultura. Entretanto, um sistema de produção intensificado não deve ser sinônimo de uso excessivo ou indiscriminado de recursos produtivos, e sim de uso eficiente e racional, com o emprego de tecnologia compatível para equilibrar à relação benefício/ custo (BALBINO et al, 2011).

Nesta perspectiva, de acordo com Rolim et al. (2014), há uma ocupação agropecuária de todas as áreas produtivas disponíveis, ocorrendo também o avanço para áreas próximas de rios e córregos, áreas verdes, áreas de encostas e picos de morros, em função de aumentar a produtividade dos alimentos, prejudicando seriamente a manutenção e recuperação dos ecossistemas locais (PINHEIRO, 2018).

Nesta mesma esteira, a agricultura moderna torna-se cada vez mais dependente de insumos sintéticos e agentes químicos capazes de suprir, nutrir, remediar, proteger, e maturar novas cultivares que a cada ano são desenvolvidas por grandes laboratórios e postas no mercado com vistas a maior produtividade e resistência a determinados produtos químicos. Em contra partida, esse modelo de produção capaz de aumentar a produtividade é altamente dependente de combustíveis fósseis e gerador de resíduos contaminantes e deletérios ao meio ambiente.

Segundo Nahssen (2018), a agricultura moderna preconiza a implantação do sistema de monocultivo e plantio apenas de variedades com alto rendimento selecionadas

geneticamente, essa simplificação dos agroecossistemas acarretam num desequilíbrio nutricional da planta e conseqüente aumento da susceptibilidade ao ataque de pragas, sendo necessário o uso contínuo e intensivo dos insumos químicos.

Por conseqüência, a recorrente busca por cultivares mais produtivos pode acarretar na significativa redução da variabilidade genética das espécies vegetais e na perda de muitos cultivares locais, tradicionais e crioulos, o que representa um risco para a sustentabilidade da agricultura a longo prazo (NAHSSEN, 2018; KAGEYAMA, 1987; ALTIERI, 2004).

A diversidade genética encontrada nos sistemas biodiversos aumenta a resistência às doenças que atacam espécies particulares de plantas, possibilita aos agricultores explorar diferentes microclimas, atender suas necessidades nutricionais e obter, ainda, outros benefícios através de sua utilização. (ALTIERI, 2004; CAMARGO et al., 2019)

Nesse contexto, surgem muitas incertezas, quanto às formas de alimentar essa crescente população mundial e os meios de transformar o modo de produção, a fim de minimizar os impactos ambientais, pois é antagônica a ideia de crescimento econômico ilimitado dentro de um planeta finito (NAHSSEN, 2018; ARAÚJO, et al., 2018).

Desta forma, torna-se premente o desafio para a agricultura moderna em se tornar independente do uso de combustíveis fósseis e seus derivados, considerando a biocapacidade e os limites físicos do planeta Terra, em termos de esgotamento de recursos, através da ação predatória antrópica.

Em geral, produtores deveriam buscar um balanço perfeito entre produtividade e diversidade no sistema para atender tanto às necessidades humanas quanto à integridade do ecossistema numa perspectiva de sustentabilidade, dessa forma, as necessidades ambientais, sociais e econômicas das gerações presente e futura seriam representadas (NAHSSEN, 2018; WWF, 2016).

A partir desse cenário se faz necessário refletir sobre novos modelos de produção mais sustentáveis, com um conjunto de técnicas capaz de minimizar impactos ambientais a curto e longo prazo. Assim sendo, os sistemas agroflorestais (SAFs) que, apesar de representarem um dos mais antigos sistemas de uso da terra, ainda que recentemente, há apenas três décadas, vem sendo reconhecido por uma legião de pesquisadores de diversas áreas como uma alternativa sustentável de produção. (NAIR, 1993; ALTIERI, 2004; FRANCO et al., 2002; FRANCO et al., 2017; SCHEMBERGUE et al., 2017; AGUIAR-MENEZES, 2004; ARAÚJO et al., 2018; CAMARGO et al., 2019; MUSÁLEM, 2002; DIX et al., 1998; BRASIL, 2013; STEENBOCK et al., 2013).

5.1 DESAFIOS À PRÁTICA AGROFLORESTAL

No entendimento de Leão Neto (2018) a agrofloresta tem potencial de juntar a agricultura, sociedade e natureza dentro de uma experiência harmoniosa e equilibrada. A agrofloresta gera interações ecológicas diversas, ela está centrada necessariamente na utilização de pelo menos um indivíduo arbóreo. A árvore é o ser vivo mais longevo do planeta Terra, e ela tem o poder de mudar a paisagem de tal maneira que o nosso olhar se desloca para ela (RIGHI e BERNARDES, 2018).

Perante a atual necessidade de se desenvolver sistemas sustentáveis de produção de alimentos, os sistemas agroflorestais multiestratificados também denominados agroflorestas, preconizam práticas de manejo de baixo impacto, pois esse modelo de produção inclui práticas de uso e manuseio agrícola contemplando a presença do componente arbóreo, da diversidade de espécies e de grande produção de biomassa, onde a composição de espécies busca maximizar a oferta de luz e de nutrientes, tanto na escala horizontal quanto na vertical (EWERT et al., 2016).

Conforme Paula e Paula (2003) e Carmo (1998) o sistema de produção de alimentos através de SAF, tem tido aderência por agricultores em diversos países como: Estados Unidos e países da América Latina e Europa. Esses países têm divulgado os SAFs como opção para o melhor aproveitamento dos recursos naturais na produção agropecuária, apresentando a capacidade de reduzir ao mínimo o uso de insumos não renováveis e conservar o meio ambiente.

Contudo, no Brasil, os SAF's não têm sido divulgados e pesquisados adequadamente, apesar de possuir pré-requisitos significativos para difusão e propagação dessa forma de uso da terra, visto que, o Brasil possui grande quantidade de terras degradadas; grande número de pequenas propriedades; bacias hidrográficas desordenadas; êxodo rural em consequência do aumento da agricultura intensiva baseada em altos insumos e mecanização; drástica redução da biodiversidade nas áreas de produção agropecuária; extensas áreas de pastagens desprovidas de árvores de sombra; deficiência nas práticas de conservação de solo (DANIEL et al., 2000; PAULA e PAULA, 2003).

Embora muitas tecnologias e práticas de conservação dos recursos estejam sendo empregadas atualmente para produção, o número total de agricultores que as utilizam em todo o mundo ainda é relativamente pequeno. Isso se dá em função dos agricultores não poderem simplesmente suspender o uso habitual de insumos externos e esperar manter os mesmos

resultados, pois o sucesso de transição demanda certo tempo de aprendizagem (PRETTY, 2008).

Apesar de auspicioso, de modo geral há fortes entraves para a adoção dos SAFs, assim como, de práticas sustentáveis de produção, devido a problemas institucionais, falta de trabalhos de extensão rural suficientes, falta de mecanismos de incentivos no âmbito político e econômico tanto em escala local, quanto global (NAHSSEN, 2018; CARMO, 1998; PRETTY, 2008).

Nessa mesma linha Oliveira et al., (2010) ao realizarem estudos com agricultores em sistemas agrofloretais na região amazônica mato-grossense, identificaram que os maiores problemas relatados pelos produtores foram falta de incentivos financeiros e políticos, dificuldades de comercialização dos produtos cultivados o que culminava em perdas da produção e inexistência de uma demanda de mercado.

Os mesmos autores identificaram ainda outras limitações como à falta de sementes e mudas, mas, sobretudo a falta de assistência técnica como o grande gargalo para obtenção de bons resultados. Oliveira et al., (2010) apontam que 70% dos produtores entrevistados afirmaram receber algum tipo de auxílio técnico, contudo a maioria coloca que esta assistência é deficiente ou insuficiente.

Já Ewert et al., (2016) ao realizarem pesquisas com agricultores que trabalham com SAF pertencentes à Cooperafloresta localizada no Alto Vale do Ribeira, nos municípios de Barra do Turvo-SP, e Adrianópolis-PR, constataram que a falta de legislação adequada para produção de alimentos dentro dessa localidade é considerado o maior gargalo.

A prática agroflorestal na Cooperafloresta é um processo produtivo de agricultura em capoeiras e segundo os autores fica evidente o caráter conservacionista e restaurador das agroflorestas para a biodiversidade local, por sua similaridade em espécies, caráter sucessional, regeneração natural e/ou sub-bosques com as capoeiras.

Desta forma considera-se que os instrumentos legais não foram pensados para regulamentar a lógica de produzir bem, conservar a natureza e valorizar a permanência dos povos da floresta nesta localidade. Visto que, há atuação equivocada de órgãos ambientais que muitas vezes é restritiva e punitiva, ao invés de ser instrutiva e informativa (EWERT et al., 2016).

Situação semelhante a da Cooperafloresta no Vale do Ribeira foi encontrada no estudo de Lourenço e Martins (2018) no estado do Rio Grande do Sul ao analisarem informações referentes aos agricultores que trabalhavam com SAF naquele Estado.

Lourenço e Martins (2018) argumentam que a legislação do Estado em diversos momentos não se aplicava a realidade de vida dos agricultores familiares, indígenas e quilombolas que produziam alimentos em áreas adjacentes ou dentro de florestas, ainda que, a prática produtiva realizada por esses agricultores e povos tradicionais apresente efetiva contribuição à conservação ambiental e a biodiversidade local.

Entretanto, neste caso o poder público a partir da mobilização dos interessados, aprimorou a legislação ambiental com vistas à dinâmica produtiva complexa e diferenciada desse seguimento rural da sociedade, criando um licenciamento para os produtores de sistemas agroflorestais de base ecológica que os diferencia dos demais sistemas.

Desse modo, o poder público ao validar ações com potencial de contribuição à conservação ambiental e da biodiversidade local, tal como a produção em sistemas agroflorestais, não só estimula a novos adeptos deste sistema produtivo, mas assume ações voltadas à conservação ambiental que vão para além da mera fiscalização por parte dos órgãos ambientais (LOURENÇO e MARTINS, 2018).

Miccolis et al. (2011) ao realizarem extenso trabalho sobre o desenvolvimento agroflorestal no Brasil em diversos municípios pesquisando diferentes biomas nas cinco regiões do país, mais especificamente, o Noroeste do Mato Grosso; Torres no Rio Grande do Sul; a Zona da Mata Mineira; Tocantins e Maranhão, puderam de maneira ampla e no mesmo intervalo de tempo, visualizar a realidade experienciada por inúmeros agricultores inseridos nos mais variados contextos que já produzem ou estão buscando adotar modelos produtivos mais diversificados como os SAFs.

A partir de tal esforço, os apontamentos apresentados no trabalho de Miccolis et al. (2011) corroboram com as constatações apresentadas anteriormente pelos demais autores, no concernente as dificuldades e desafios encontrados por agricultores considerados tradicionais, familiares, indígenas e quilombolas quando estudadas pontualmente em locais e momentos diferentes.

Segundo Miccolis et al. (2011) as principais barreiras para o desenvolvimento de SAFs encontradas em todos os estudos de caso por eles realizados foram: serviços de extensão rural inadequados, restrições ambientais à utilização de áreas protegidas por lei, normas e procedimentos complexos para obter licenças para o beneficiamento de produtos, bem como governos locais fracos e baixo acesso ao crédito rural.

Como relatado anteriormente por Oliveira et al., (2010) de modo geral, a deficiência nos serviços de ATER foram identificadas como alguns dos obstáculos mais importantes para

o desenvolvimento de SAFs, uma vez que os extensionistas são insuficientes e/ou geralmente pouco qualificados para prestar apoio à adoção de técnicas agroflorestais. Em alguns casos, estes serviços foram considerados "conservadores", isto é, altamente resistentes no que diz respeito a sistemas agrícolas mais inovadores (MICCOLIS et al., 2011).

5.2 SISTEMA AGROFLORESTAL (SAF): DEFINIÇÕES E CONCEITO

Apesar de ser uma prática antiga desde tempos imemoriais e bem característica de uso como meio de produção e sobrevivência em comunidades tradicionais em várias partes do mundo, especialmente nos trópicos, sendo muitas vezes constituídos de forma casual, sem um arranjo produtivo ou delineamento previamente estabelecido, o estudo e compreensão de sistemas agroflorestais como ciência é relativamente recente (NAIR, 1993; MONTROYA e MAZUCHOWSKI, 1994; AMADOR, 2003; PAULA e PAULA, 2003).

Portanto, devido a pluralidade das diversas formas de se fazer um sistema agroflorestal, uma definição consensual sobre SAF ainda não é pensamento unânime no entendimento de diversos pesquisadores como Paula e Paula (2003), Steenbock e Vezzani (2013), Schembergue et al. (2017).

Entretanto, como lembram Barisoux (2017) e Schuler (2018) a partir das décadas de 1960 e 1970 é quando se iniciam as discussões no meio acadêmico científico sobre o tema, e a partir de então surge à primeira descrição, como dito anteriormente, sobre a antiga prática da “Agrossilvicultura” que acabou evoluindo para definição do atual termo “Sistema Agroflorestal”.

Basicamente a consolidação de sistema agroflorestal ocorre em 1977 (BENE; BEALL; CÔTÉ, 1977) através do International Development Research Centre (IRDC, Canadá). Tal acontecimento transcorre num momento em que várias investigações científicas no campo da agricultura, silvicultura e pecuária se voltaram para a melhor compreensão dos benefícios do consórcio entre os diversos sistemas produtivos (SCHULER, 2018).

Desta forma, pesquisadores do Centro de Pesquisa para o Desenvolvimento Internacional (IDRC), ao realizarem a publicação “Trees, food, and people: land management in the tropics”, apresentam a seguinte definição para sistemas agroflorestais:

Agroforestry is defined here as a sustainable management system for land that increases overall production, combines

agricultural crops, tree crops, and forest plants and/or animals simultaneously or sequentially, and applies management practices that are compatible with the cultural patterns of the local population (BENE; BEALL; CÔTÉ, 1977, p. 39)¹.

Como dito anteriormente, a partir da década de 1970 além de temas discutidos entre autoridades como erradicação da fome e redução da pobreza, começam a se intensificar debates entre alguns pesquisadores da área sobre fornecimento de energia limpa e acessível, proteção da fauna e flora e mudanças climáticas. Nesse bojo é criado em Nairobi no Kenya em 1978 o International Council for Research in Agroforestry (ICRAF) (ICRAF, 2019).

A entidade é a primeira instituição criada com a missão de realizar pesquisas sobre práticas agroflorestais a nível global, sobretudo nos trópicos em desenvolvimento. Em 2002, o ICRAF é renomeado como “World Agroforestry Centre”, marca que permanece na atualidade, em função do reconhecimento de sua liderança global em pesquisa e desenvolvimento agroflorestal, contudo, o Centro ainda conserva a legalidade do nome International Council for Research in Agroforestry (ICRAF, 2019).

Nesse sentido, King e Chandler (1978) já por meio de publicação do ICRAF, ao discutirem sobre a conceituação da atividade agroflorestal, a apresentam como um sistema sustentado de manejo da terra, combinando a produção florestal com culturas agrícolas e/ou animais, simultânea ou sequencialmente na mesma unidade de terra, aplicando práticas de manejo compatíveis com as técnicas culturais tradicionais à população local.

Dessa forma, o Conselho Internacional de Pesquisa em Agrossilvicultura (ICRAF) passa a ser em pouco tempo, referência a nível mundial entre governos, agências de desenvolvimento e agricultores no concernente a pesquisa e utilização do componente arbóreo para tornar a agricultura e os meios de produção e subsistência mais sustentáveis. A partir de tal representatividade sobre o tema, logo na década de 1980 pesquisadores do ICRAF elaboram o artigo “Sustained Agroforestry” onde os autores apresentam uma definição mais aprimorada sobre a natureza conceitual do que seria um sistema agroflorestal:

¹ Tradução Livre: A agrossilvicultura é definida aqui como um sistema de manejo sustentável da terra que aumenta a produção geral, combina culturas agrícolas, árvores e plantas e / ou animais da floresta simultaneamente ou sequencialmente, aplicando práticas de manejo compatíveis com os padrões culturais da população local.

Agroforestry is a collective name for land-use systems and technologies where woody perennials (trees, shrubs, palms, bamboos, etc.) are deliberately used on the same land management unit as agricultural crops and/or animals, either on the same form of spatial arrangement or temporal sequence. In agroforestry systems there are both ecological and economical interactions between the different components² (LUNDGREN e RAIN TREE, 1983, p. 2).

Conforme Schuler (2018) a partir de tal definição, não demorou muito para que um razoável consenso fosse alcançado sobre o que, em essência, constituíam os SAFs. A definição formulada por Lundgren e Raintree em 1983 foi sendo cada vez mais utilizada e acabou ganhando aceitação de outros pesquisadores como Nair em 1993.

Já na década de 1990 buscando elaborar uma definição sólida para o que seria um sistema agroflorestal, Somarriba (1992) faz uma análise crítica bem interessante sobre o assunto, confrontando diversos pontos com o que já se tem concebido de conceito sobre outros sistemas de produção agrícola, silvicultural e animal. Além disso, o artigo traz a baila explicitamente assuntos confusos e em certos casos evitados, como arranjos espaço-temporais, diversificação da produção, interações biológicas versus econômicas, interações significativas, ecótonos e limites do sistema, uso múltiplo versus corte múltiplo, sequências de tempo e o papel dos animais na determinação da agrossilvicultura.

A partir de tal ensaio o autor chega a seguinte definição:

“Sistema Agroflorestal é uma forma de cultivo múltiplo que atende três condições básicas: a) existem pelo menos duas espécies de plantas que interagem biologicamente; b) pelo menos uma das espécies de plantas é uma perene lenhosa, e c) pelo menos uma das espécies de plantas é manejada para produção de forragem, colheita anual ou perene” (SOMARRIBA, 1992).

² Tradução Livre: Agrofloresta é um nome coletivo para sistemas e tecnologias de uso da terra em que plantas perenes lenhosas (árvores, arbustos, palmeiras, bambus etc.) são instaladas deliberadamente na mesma unidade de manejo da terra que culturas agrícolas e / ou animais, na mesma forma de arranjo espacial ou sequência temporal. Nos sistemas agroflorestais, há interações ecológicas e econômicas entre os diferentes componentes.

Todavia, uma definição mais aceita na literatura talvez seja a apresentada por Nair (1993), que de forma simples e objetiva destaca os SAF's como “o cultivo intencional de plantas perenes lenhosas (árvores, arbustos, palmeiras, bambus, etc) com culturas agrícolas e ou animais no mesmo espaço de terra, com alguma conformação de arranjo espacial ou sequência temporal”.

Entretanto, após a década de 1990 o próprio Nair (1993) afirma que a discussão do conceito agroflorestal decresce entre os debatedores, sendo que esses se reconciliam com o fato de que mesmo as disciplinas de uso da terra há muito estabelecidas, como agricultura e silvicultura, não têm definições completamente satisfatórias e mesmo sem uma definição universalmente aceitável, não foi um pré-requisito para o desenvolvimento dessas disciplinas.

5.3 ALGUNS EXEMPLOS DE SISTEMA AGROFLORESTAL (SAF)

De acordo com Nahssen, (2018) não existe regra ou “receita de bolo” pronta para a implantação dos SAFs, visto que, sua essência é justamente possibilitar diferentes arranjos em escala temporal e espacial, permitindo a exploração dos diferentes estratos formados, tanto acima, quanto abaixo do solo.

Também é importante lembrar que não existe qualquer menção nas definições da literatura global quanto à diversidade dos SAFs ou da necessidade de ser realizado com plantas nativas ou exóticas. O importante é o uso permanente e duradouro do solo e a manutenção dos processos ecológicos. Indubitavelmente que a presença de plantas nativas no interior dos sistemas produtivos é desejável estendendo a preservação das espécies para além do confinamento dos diminutos fragmentos (RIGHI, 2018).

Desse modo, os modelos de SAF podem ser os mais diversos possíveis, nesse sentido Dantas (1994) argumenta que os SAFs derivam da imaginação, da experiência, do conhecimento, da tradição, da cultura, das aspirações e das condições particulares (tipos de solo e clima, disponibilidade de material) de cada produtor. Dessa forma, encontram-se uma infinidade de sistemas pelo mundo.

Haja vista, a grande heterogeneidade que ocorre no estabelecimento e organização de SAFs apresentados na literatura, como o exposto anteriormente por Dantas (1994), podendo emanar dos mais variados motivos e contextos que o produtor possui, procurou-se apresentar aqui de forma sucinta alguns exemplos que com certa frequência são citados em literatura análoga ao tema.

Para facilitar o entendimento nesse trabalho, os sistemas agroflorestais foram classificados de acordo com a enunciação de (VILAS BOAS, 1991), que ao considerar a estrutura no espaço, o desenho ao longo do tempo, a importância relativa e a função dos diferentes componentes, os objetivos da produção e as características sociais e econômicas de cada sistema, classifica os SAFs em três grandes sistemas, a saber:

- a) Sistemas Agroflorestais Sequenciais;
- b) Sistemas Agroflorestais Simultâneos;
- c) Sistemas Agroflorestais de Cercas Vivas e Cortinas Quebra-Ventos;

Esses três grandes sistemas contemplam boa parte dos tipos de SAF mais recorrentes na literatura correlata ao tema.

5.4 SISTEMAS AGROFLORESTAIS SEQUENCIAIS

Nos SAFs sequenciais há uma relação cronológica entre os cultivos agrícolas anuais e as plantações de árvores que se sucedem no tempo. Nesta categoria estão incluídos os sistemas de agricultura migratória com intervenção e manejo de parcelas de capoeiras (VILAS BOAS, 1991; EWERT et al., 2016;) também denominado de sistema silviagrícola rotativo “capoeiras melhoradas com espécies arbóreas de rápido crescimento” seguida de uma etapa de descanso da área, e o sistema “Taungya” – “cultivos anuais consorciados apenas temporariamente com árvores, durante os primeiros anos de implantação” (VILAS BOAS, 1991; ENGEL, 1999).

5.4.1 Agricultura migratória

A agricultura migratória consiste em sistemas de subsistência, orientados para satisfazer as necessidades básicas de alimentos, combustíveis e habitação dos produtores, embora o excedente da produção eventualmente possa ser comercializado (VILAS BOAS, 1991).

É um modo de agricultura tradicional na Região Amazônica e fundamenta-se na derrubada, aproveitamento da madeira e queima da mata ou capoeira em pequenas áreas onde são feitos cultivos anuais de subsistência por um período de dois a três anos. Após o cultivo, a área é deixada num período de pousio que varia entre quatro ou mais anos, podendo ultrapassar 15 anos. A característica essencial deste uso transitório da terra é a rotação de parcelas, em lugar da rotação de culturas (VILAS BOAS, 1991; ENGEL, 1999; YARED; JUNIOR; MARQUES, 1998).

Contudo, Yared; Junior; Marques (1998) apontam que o sucesso dessa forma de ocupação da terra se restringe às áreas de baixa pressão demográfica, pois, se houver o abreviamento precoce do período de pousio, não havendo tempo suficiente para que haja a recuperação do solo pelo processo de sucessão natural, resultará em colapso do sistema. Portanto, isto implica também em ter que se manter uma capoeira sem atividade econômica e a imobilização da terra por períodos prolongados de tempo.

5.4.2 Sistema Taungya

De acordo com Villagaray e Inga (2011) e Musálem (2002) o sistema taungya consiste no estabelecimento de culturas agrícolas durante o desenvolvimento dos primeiros anos de uma plantação florestal, sendo que, o objetivo principal é a produção de madeira, normalmente uma ou duas espécies florestais. As espécies florestais estão concomitantemente associadas a culturas transitórias para autoconsumo e / ou comercialização durante os estágios iniciais do desenvolvimento das árvores. O sistema taungya é distribuído em regiões tropicais úmidas, subúmidas e semiáridas, essa tecnologia agroflorestal tem um arranjo temporário sobreposto.

Além da produção de madeira, o sistema taungya apresenta ainda outras funções como o acúmulo de CO₂, liberação de oxigênio, cobertura permanente da terra, ciclagem de nutrientes em camadas profundas durante o crescimento das espécies, proteção de solos nus e empobrecidos propenso à erosão e geração de emprego rural.

É importante expor que o sistema taungya não deve ser confundido com alguma forma de reflorestamento, pelo fato de possuir uma baixa diversidade florestal, uma ou duas espécies, que normalmente compõem o sistema. Outra questão a ser levada em conta na implantação desse sistema em condições edafoclimáticas tropicais concerne ao uso

indiscriminado de ciprestes, pinheiros e outras espécies que liberam substâncias resinosas, que endurecem, impermeabilizam e esterilizam o solo (VILLAGARAY e INGA, 2011).

5.5 SISTEMAS AGROFLORESTAIS SIMULTÂNEOS

Esse sistema preconiza a integração simultânea e contínua de cultivos anuais e perenes, com espécies florestais para fins madeiráveis, para frutas ou de uso múltiplo e/ou pecuária. Neste grupo, os componentes agrícolas e florestais possuem uma interação direta, uma vez que se encontram ao mesmo tempo no terreno durante toda a sua duração (ENGEL, 1999).

Diferentemente dos sistemas agroflorestais sequenciais (com interação cronológica), no simultâneo (com interação direta) os componentes agrícola e arbóreo permanecem na mesma área durante toda a duração do sistema. Seu principal objetivo é aumentar a produtividade através das interações com o componente arbóreo. Nesse sentido, podem-se citar vários sistemas de exploração comercial: plantações de coco, borracha ou palmeira em associação com culturas ou plantações de madeira com cacau (MUSÁLEM, 2002).

De acordo com Engel (1999) os sistemas agroflorestais múltiplos contemplam ainda os hortos e pomares caseiros mistos, as árvores em associação com cultivos perenes, e as árvores em associações com culturas anuais também conhecidos como “cultivos em aleias ou alley cropping”.

5.5.1 Sistema de Integração Lavoura-Pecuária-Floresta (ILPF)

Esses sistemas consistem na associação da criação de animais com espécies florestais madeiras/frutíferas podendo contar ou não com culturas anuais. São praticados em diferentes níveis, desde as grandes plantações arbóreas comerciais com inclusão de gado, até o pastoreio de animais como complemento da agricultura de subsistência (VILAS BOAS, 1991; MUSÁLEM, 2002).

Conforme Balbino et al., (2012) a integração lavoura-pecuária-floresta (IIPF) define-se como uma estratégia de produção sustentável que integra atividades agrícolas, pecuárias e florestais, realizadas na mesma área, em cultivo consorciado, em sucessão ou rotação, e busca efeitos sinérgicos entre os componentes do agroecossistema, contemplando a adequação ambiental, a valorização do homem e a viabilidade econômica da atividade agropecuária.

De acordo com Balbino et al., (2011) também citado por Kichel et al., (2014) e Tomaz e Wander (2017), os sistemas de ILPF apresentam uma classificação mais abrangente que contempla quatro modalidades diferentes de sistemas, (Quadro 1), sendo classificados em: a) Integração Lavoura-Pecuária (ILP) ou Agropastoril; b) Integração Lavoura-Pecuária-Floresta (ILPF) ou Agrossilvipastoril; c) Integração Pecuária-Floresta (IPF) ou Silvipastoril e d) Integração Lavoura-Floresta (ILF) ou Silviagrícola.

Modalidades de sistemas	Descrição do Sistema
Integração Lavoura-Pecuária (ILP) ou “Agropastoril”	Sistema que integra os componentes: lavoura e pecuária, em rotação, consórcio ou sucessão, na mesma área, em um mesmo ano agrícola ou por vários anos.
Integração Lavoura-Pecuária-Floresta (ILPF) ou “Agrossilvipastoril”	Sistema que integra mais componente: lavoura, pecuária e floresta, em rotação, consórcio ou sucessão. O componente lavoura pode ser utilizado na fase inicial de implantação do componente florestal ou em ciclos durante o desenvolvimento do sistema, tudo na mesma área.
Integração Pecuária-Floresta (IPF) ou “Silvipastoril”	Sistema que integra os componentes: pecuária e floresta em consórcio, muito aplicado em áreas de difícil mecanização agrícola.
Integração Lavoura-Floresta (ILF) ou “Silviagrícola”	Sistema que integra os componentes: floresta e lavoura, pela consorciação de espécies arbóreas com cultivos agrícolas anuais ou perenes. O cultivo agrícola pode ser utilizado na fase inicial de implantação do componente florestal ou em ciclos durante o desenvolvimento do sistema.

Quadro 1 – Modalidade e descrição de sistemas de integração lavoura-pecuária-floresta

Fonte: Adaptado de (BALBINO et al., 2011).

Com relação à adoção de sistemas de integração lavoura-pecuária-floresta (IIPF) no Brasil, vale ressaltar que nos últimos anos tem ocorrido crescimento das áreas utilizadas pelos produtores rurais com algum tipo de sistema que preconiza a integração entre os diversos sistemas da produção agropecuária. Do ano de 2005 até 2015 houve um aumento expressivo de mais de 613% das áreas com ILPF, chegando a aproximadamente 11,5 milhões de hectares (EMBRAPA, 2016).

5.5.2 Os Hortos e Pomares Caseiros Mistos

Certamente se apresentam como a prática mais antiga de sistema agroflorestal, comumente utilizados para prover necessidades básicas de famílias ou comunidades pequenas, com venda ocasional de excedentes de produção podendo ser considerado, na grande maioria das vezes, um sistema agrossilvipastoril, por apresentar uso intensivo de espécies arbóreas, arbustos, culturas agrícolas, plantas medicinais, aromáticas, frutas, legumes e animais em um mesmo local, ao mesmo tempo. (VILAS BOAS, 1991; ENGEL, 1999; PAULA e PAULA, 2003; KUMAR e NAIR, 2004; FREITAS et al., 2019).

Segundo Kumar e Nair (2004) e Freitas et al., (2019) são muitos os benefícios desse sistema como ciclagem eficiente de nutrientes oferecida pela composição multi-espécies, conservação da biodiversidade e do conhecimento tradicional local, incluindo ainda a oportunidade de igualdade de gênero na gestão do sistema, uso medicinal dos plantios e mitigação de situações de insegurança alimentar.

Possui um manejo simples dispensando insumos externos à propriedade, contando quase sempre com a utilização de resíduos orgânicos domésticos e resíduos de dejetos animais. O controle de ervas daninha é manual, sendo que, as ervas arrancadas ou capinadas são utilizadas como cobertura morta; o controle de pragas é minimizado pela diversidade e uso de variedades resistentes (ENGEL, 1999).

5.5.3 Cultivos em Aleias ou Alley Cropping

Esse sistema é baseado na associação de árvores ou arbustos, geralmente fixadores de N, intercaladas com culturas anuais, também é conhecido por outras formas como cultivo em corredor ou em faixa. Entretanto, esse sistema de produção a nível internacional é mais conhecido como “alley cropping” (YARED; JUNIOR; MARQUES, 1998; KANG, 1997; BERTALOT, 2003a).

Em consonância com Borda-Niño (2018) o sistema de aleias ou alley cropping consiste no estabelecimento de espécies arbóreas ou arbustivas de uso múltiplo em fileiras espaçadas entre si, permitindo o cultivo de outras culturas agrícolas entre as fileiras das árvores. A espécie arbustiva tem a finalidade de produzir biomassa para ser cortada e incorporada nas faixas destinadas ao cultivo das culturas anuais entre linha, desse modo, têm-

se faixas recebendo constantemente material orgânico que resultam em fonte de entrada de nutrientes no solo (YARED; JUNIOR; MARQUES, 1998).

Conforme Nair (1993) o trabalho pioneiro sobre a tecnologia de cultivos em aleias foi iniciado no Instituto Internacional de Agricultura Tropical (IITA), na Nigéria, por Biauwan Tjwan Kang e colaboradores, no início da década de 1980, como alternativa promissora para a implantação de agrossistemas familiares, com menor utilização de insumos, em função do “input” de biomassa decorrente das podas das árvores e arbustos. Constituem-se, portanto como práticas promissoras para todas as regiões tropicais, especialmente em áreas com problemas de fertilidade ou terrenos declivosos (VASCONCELOS et al., 2012; ENGEL, 1999).

Diferentemente dos sistemas agroflorestais sequenciais como citado anteriormente no caso da agricultura migratória onde a área cultivada é deixada num período de pousio que varia entre quatro ou mais anos (YARED; JUNIOR; MARQUES, 1998) impedindo que o agricultor obtenha produção nesse período, nos sistemas agroflorestais simultâneos como o de aleia ou alley cropping, as fases de cultivo e pousio ocorrem continuamente na mesma área, permitindo ao agricultor trabalhar a terra durante um período contínuo sem recorrer ao pousio (BERTALOT, 2003b).

Nesse sentido o sistema de aleia ou alley cropping possibilita ao produtor diversificar suas fontes de renda em função de se ter no mesmo espaço e tempo vários cultivos com espécies diversas podendo ser vegetal e/ou animal com ciclos produtivos diferentes, condição esta fundamental sobremaneira para agricultura em pequena escala e familiar.

O principal objetivo desse sistema é a incorporação de matéria orgânica ao solo, com vistas a fornecer nutrientes as plantas por meio da adubação verde, sendo que, a poda das árvores também pode ser usada para controle de plantas daninhas. As árvores utilizadas são geralmente leguminosas, por ter maior capacidade de fixação de nitrogênio e alta produção de biomassa. Portanto, esse sistema favorece melhorias químicas, físicas e biológicas ao solo, contribuindo também na agregação das partículas do solo e no estabelecimento de micro-organismo (VASCONCELOS et al, 2012).

Entretanto, Bertalot (2003) faz alguns alertas a serem considerados na adoção desse sistema em relação ao espaço ocupado pelas árvores que diminui o rendimento das culturas em termos de produtividade, o mesmo autor alerta ainda que pode haver competitividade por água e nutrientes entre a cultura e as árvores, e que nas etapas iniciais de estabelecimento pode haver alto investimento em mão-de-obra de modo que a sua adoção pode ser complicada em situações onde a terra é abundante e a mão-de-obra escassa.

5.6 CERCAS VIVAS E CORTINAS QUEBRA-VENTOS

Esses sistemas consistem em fileiras de árvores que podem tanto delimitar uma propriedade, como também, servir de proteção para outros componentes ou outros sistemas. Possui uso variado, pois além de limitar a propriedade e proteger áreas de pastagens, cultivos ou árvores contra o vento, pode-se utilizar a madeira produzida para fins diversos. Esse sistema pode ainda ser considerado complementar aos outros citados anteriormente (VILAS BOAS, 1991).

Os sistemas de cercas vivas e cortinas quebra-ventos apresentam benefícios no concernente à utilização de pouca área para instalação e conseqüentemente pequena diminuição de área agricultável, fator de extrema relevância principalmente no que tange a pequenas propriedades; atenuam na proteção do processo de erosão dos solos, principalmente em áreas acidentadas; além de produzir material vegetativo para obtenção de forragem e de madeira em pequena escala; possibilita utilizar as podas de brotações para cobertura para o solo, podendo também servir de alimentação para animais, entre outros (ENGEL, 1999; OTÁROLA, 1995; VILAS BOAS, 1991).

A respeito das plantas mais utilizadas para implantação desses sistemas, Vilas Boas (1991) apresenta as seguintes espécies: *Gliticiâie sepium*; *Leucaena teucoceptuils*; *Cupressus tusitsnice*; *Cotâie ellioâote*; *Spotuiiss motnbin*; *Bursera simetube*; *Bombacopsis ouinstum*; *Erythrina spp.*; *Gteviiee robusta*, etc.

6 MATERIAIS E MÉTODOS

6.1 CARACTERIZAÇÃO DA ÁREA EXPERIMENTAL

A pesquisa foi desenvolvida no *campus* Lagoa do Sino da Universidade Federal de São Carlos – UFSCar, município de Buri, SP, latitude: 23°36'4.65"S, longitude: 48°31'25.53"O e altitude: 637m, localizado no Sudoeste Paulista (Figura 1) em área experimental de 1,2 hectares. O clima da região é classificado como do tipo “Cwa”, conforme classificação climática de Köppen, caracterizado por inverno seco com temperaturas inferiores a 18°C e verão quente com temperaturas superiores a 22°C, e precipitação total anual média de 1.300 mm. O solo é classificado como Latossolo Vermelho distrófico típico, A moderado, textura argilosa ou muito argilosa, álico, relevo suave ondulado (ROSSI, 2017).

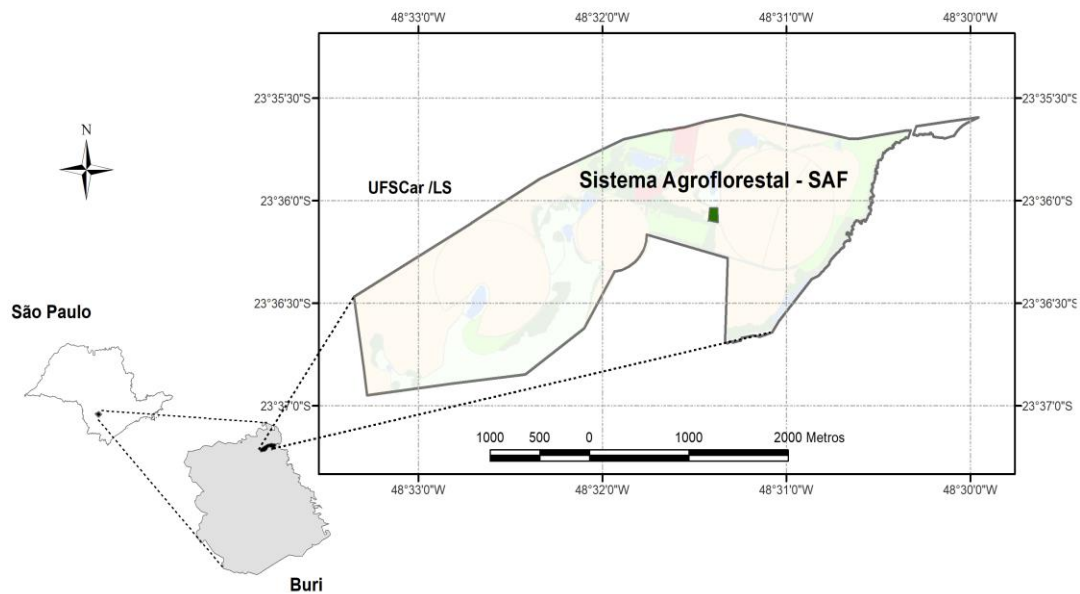


Figura 1 – localização do Sistema Agroflorestal (SAF) *campus* UFSCar Lagoa do Sino

Fonte: Prof. André Toledo, CCN/LS – a pedido do autor

Nesta área, portanto, deu-se início a implantação em dezembro de 2017 (Figura 2 A e B), um sistema agroflorestal (SAF) e que na atualidade (Figura 3 A e B), consorcia 27 espécies de 13 famílias de plantas madeireiras e frutíferas em linhas/aleias, além de outras utilizadas com a função de adubação verde, totalizando uma riqueza de espécies de 702 indivíduos (Quadro 2), juntamente com culturas anuais plantadas nas entrelinhas como o milho (*Zea mays*), feijão (*Phaseolus vulgaris*), sorgo (*Sorghum bicolor*), soja (*Glycine max*), mandioca (*Manihot esculenta*), batata doce (*Ipomoea batatas*), entre outras culturas que já são comumente produzidas na fazenda do *campus*.

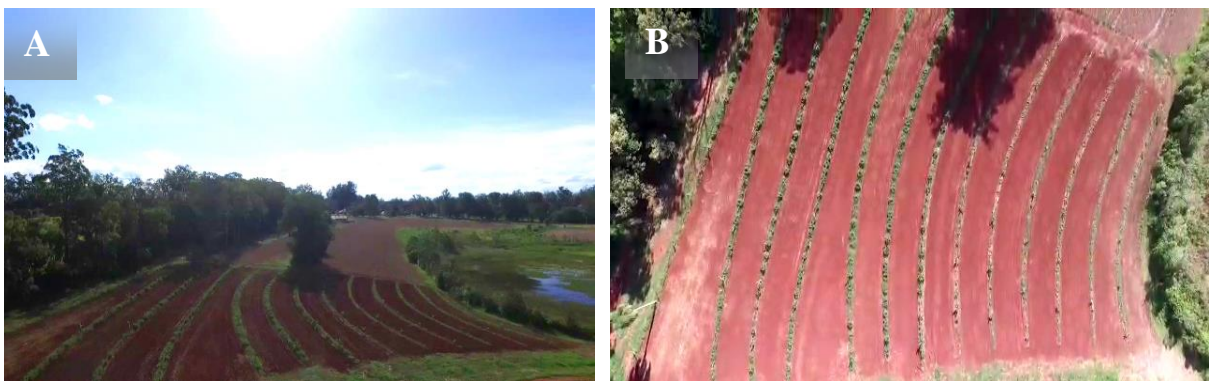


Figura 2 – Sistema Agroflorestal (SAF) *campus* UFSCar Lagoa do Sino em implantação (Dez/2017).



Figura 3 – Sistema Agroflorestal (SAF) *campus* UFSCar Lagoa do Sino em produção (Mai/2019).

Fonte: CePE-Geo Lagoa do Sino

Família	Nome científico	Nome Comum	Indivíduos por espécie
Annonaceae	<i>Annona montana</i>	Araticum	5
Arecaceae	<i>Syagrus romanzoffiana</i>	Jerivá	1
Arecaceae	<i>Bactris gasipaes</i>	Pupunha	30
Asteraceae	<i>Sphagneticola trilobata</i>	Margaridão	12
Clusiaceae	<i>Garcinia gardneriana</i>	Bacupari	9
Lauraceae	<i>Persea americana</i>	Abacate	12
Malpighiaceae	<i>Malpighia emarginata</i>	Acerola	24
Meliaceae	<i>Toona ciliata</i>	Cedro-australiano	21
Meliaceae	<i>Khaya ivorensis</i>	Mogno Africano	46
Moraceae	<i>Morus celtidifolia</i>	Amora	152
Moraceae	<i>Artocarpus heterophyllus</i>	Jaca	10
Musaceae	<i>Musa acuminata</i>	Banana	99
Myrtaceae	<i>Eugenia aggregata</i>	Cereja Rio Grande	10
Myrtaceae	<i>Eucalyptus urograndis</i>	Eucalipto	174
Myrtaceae	<i>Psidium guajava</i>	Goiaba Vermelha	5
Myrtaceae	<i>Eugenia brasiliensis</i>	Grumixama	7
Myrtaceae	<i>Plinia cauliflora</i>	Jabuticaba	12
Myrtaceae	<i>Syzygium jambos</i>	Jambo	3
Myrtaceae	<i>Hexachlamys edulis</i>	Pêssego do mato	9
Myrtaceae	<i>Eugenia uniflora</i>	Pitanga	1
Myrtaceae	<i>Eugenia Sulcata</i>	Pitanga Preta	17
Myrtaceae	<i>Eugenia neonitida</i>	Pitangão	2
Myrtaceae	<i>Eugenia pyriformis</i>	Uvaia	12
Proteaceae	<i>Macadamia ternifolia</i>	Macadâmia	13
Rutaceae	<i>Citrus limon</i> (L.)	Limão Siciliano	5

Rutaceae	Citrus latifolia	Limão Taiti	7
Sapotaceae	Pouteria macrophylla	Cutite	4
Total de indivíduos			702

Quadro 2 – Espécies plantadas no Sistema Agroflorestal (SAF) *campus* UFSCar Lagoa do Sino

Fonte: O autor

6.1.1 Delineamento Experimental

O experimento foi composto por três tratamentos (consórcios), dispostos de forma completamente aleatorizada no espaço. Em cada tratamento o eucalipto (*Eucalyptus urograndis*) clone TP 361, foi plantado com duas espécies diferentes, a saber: T1 – Cedro Australiano (*Toona ciliata*) + Eucalipto (*Eucalyptus urograndis*) + Banana (*Musa acuminata*); T2 - consórcio Amora (*Morus celtidifolia*) + Eucalipto + Pupunha (*Bactris gasipaes*), e T3 - Mogno Africano (*Khaya ivorensis*) + Eucalipto + Banana. Cada tratamento possuiu seis repetições, totalizando 18 parcelas de 9 m² (2 m x 4,5 m), dispostos em linhas/aleia possuindo espaçamento de 10 m entre linhas, conforme representação esquemática (Figura 4).

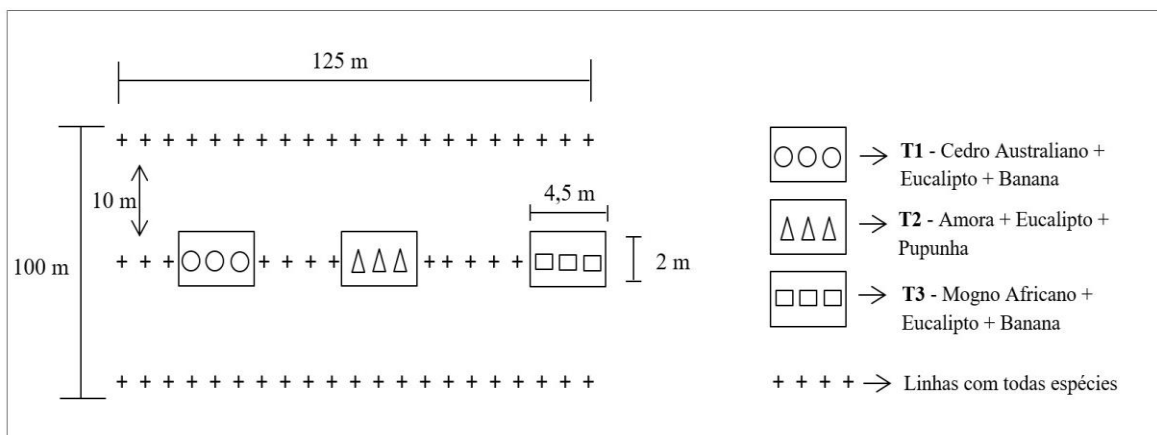


Figura 4 – Representação esquemática dos três tratamentos, no Sistema Agroflorestal (SAF) *campus* UFSCar Lagoa do Sino

Fonte: O autor

Ao início do experimento, as parcelas se encontravam em condições de infecção natural pelo *P. psidii*, tendo em vista a alta incidência da mesma na região e porque a área experimental é circundada por plantas adultas de eucalipto que já apresentavam infecção pelo referido fungo.

As variáveis analisadas foram: a) altura total da planta; b) diâmetro da planta a 1,30m e a 0,20m, esta última, em função do início das avaliações as mudas serem pequenas; c) percentual de incidência da ferrugem; e d) nível de severidade da doença. As avaliações a campo foram realizadas no intervalo de aproximadamente 15 dias uma da outra e ocorreram em dois momentos distintos (pré-poda e pós-poda)³ no período de agosto de 2018 a agosto de 2019.

As medições a campo foram realizadas duas vezes ao mês com o auxílio de régua de alumínio graduada para obtenção de altura total da planta e fita métrica (tipo costureira) a fim de mensurar o diâmetro das plantas (Figura 5 A, B, C, D e E).



Figura 5 – Medições a campo de altura total e diâmetro da planta

Fonte: O autor

³ A execução do experimento não interferiu no sistema de manejo proposto inicialmente para o SAF, onde o eucalipto foi plantado com a intenção de fornecer biomassa através de podas constantes de galhos e ramos. No manejo outrora proposto pela equipe de gestão do SAF, Prevvia-se também fazer poda apical radical do eucalipto a altura de 4-6 m com a finalidade de engrossar o fuste para uso como poste ou mourões. “Os eucaliptos do experimento foram podados na altura de 4 m após a décima avaliação”.

Para quantificação da severidade da doença adotou-se escala diagramática específica (Figura 6) proposta por (MASSON et al., 2008), baseada em dano percentual de área foliar lesionada, sendo a avaliação realizada sempre no sétimo e oitavo ramos do terço superior da planta (Figura 7 A e B). Adotou-se esta metodologia de avaliação em função da ocorrência da doença ser maior nos ramos e folhas jovens, sendo os ramos e tecidos mais velhos necrosados quando do estágio tardio de alta severidade da doença, passíveis de comprometimento dos resultados (MASSON et al., 2011).

Através da escala diagramática empregada para quantificar a severidade da doença durante o período das avaliações, utilizou-se o método dos trapézios (SHANER e FINNEY, 1977; ARENALES e DAREZZO, 2008) nos dados coletados para estimar a área abaixo da curva de progresso da doença (AACPD).

$$AACPD = \sum_{i=1}^{n-1} \left(\frac{y_i + y_{i+1}}{2} \right) \cdot (t_{i+1} - t_i)$$

Sendo:

t_i = época i da avaliação

y_i = severidade da doença no instante t_i .

n = número total de avaliações

Segundo Shaner e Finney (1977) e Berger (1988), o cálculo da AACPD é o parâmetro epidêmico mais útil para comparações de tratamentos, isto porque grande parte da epidemia total pode ser resumida nessa medida de doença. Frequentemente a AACPD é empregada para correlacionar a intensidade da doença às estimativas de perda ou redução de colheita.

Para avaliar o percentual de incidência de folhas doentes pela ferrugem nos tratamentos, utilizou-se também como parâmetro sempre o sétimo e oitavo ramos do terço superior da planta, sendo que a incidência foi quantificada como: (número de folhas doentes / número total de folhas) x 100. Desse modo, foi possível calcular o percentual de incidência do fungo em cada tratamento.

“Escala diagramática para ferrugem do eucalipto”

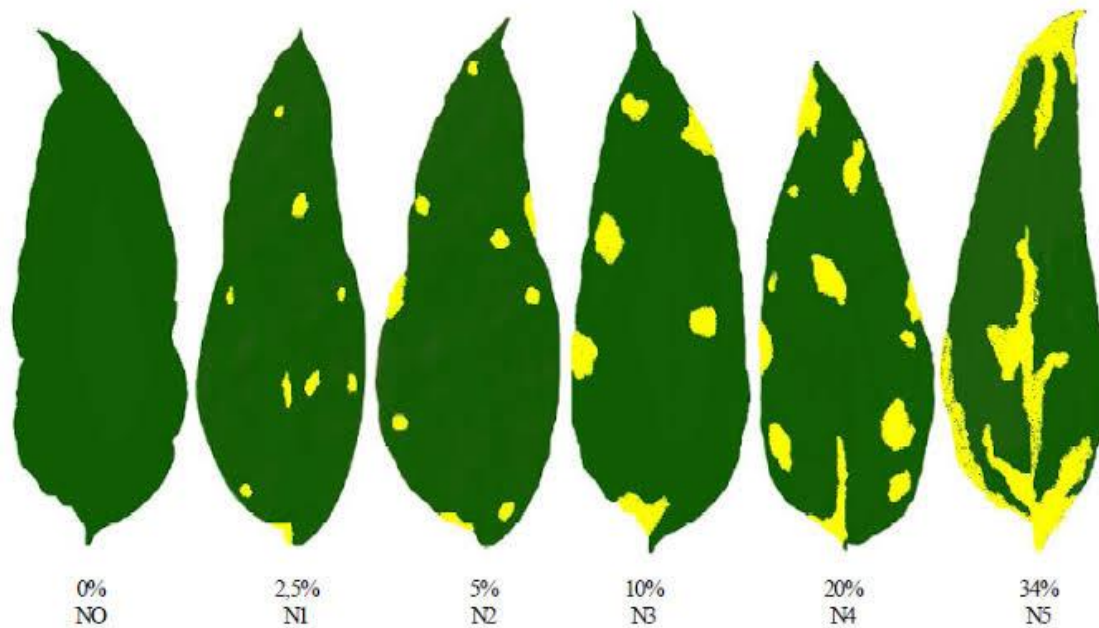


Figura 6 – Escala diagramática para quantificação da severidade da ferrugem do eucalipto, expressa em percentual da área foliar lesionada.

Fonte: Adaptado de (MASSON et al., 2008).



Figura 7 – Avaliação de campo para Severidade e Incidência da ferrugem do eucalipto.

Fonte: O autor

6.1.2 Análise de dados

Para análise pré-poda, foram considerados os dados coletados entre a 1ª e a 10ª coleta, realizadas no período de 17/08/2018 a 09/01/2019. Enquanto que, o período posterior de pós-poda ocorreu de 17/04/2019 a 13/08/2019. Em ambos os períodos os efeitos de tratamento e tempo de avaliação sobre as variáveis de crescimento “altura da planta”; “diâmetro da planta 0,20m” e “AACPD” foram avaliados a partir do ajuste de modelo linear misto para dados longitudinais (medidas repetidas).

O ajuste foi realizado a partir da função “lmer” do pacote “lme4”, da plataforma R (R Core Team, 2019). Os efeitos dos fatores e a interação (tempo x tratamento) foram testados a partir de análise de variância para modelos mistos (MIXED ANOVA), considerando-se somas de quadrados do tipo II e teste de Wald para os efeitos fixos. O diagnóstico do ajuste foi realizado a partir de gráficos de resíduos. As comparações post hoc entre tratamentos foram realizadas a partir do teste de Tukey. Todos os testes de hipóteses foram realizados considerando-se $\alpha=0,05$.

7 RESULTADOS E DISCUSSÃO

7.1 PERÍODO PRÉ-PODA

Como mencionado anteriormente o presente estudo ocorreu em dois momentos distintos, sendo estes: “pré-poda e pós-poda” somente das árvores de eucalipto. Os dados coletados entre a 1ª e a 10ª coleta, realizadas no período de 17/08/2018 a 09/01/2019 foram considerados pré-poda. Enquanto que, o período posterior de pós-poda ocorreu de 17/04/2019 a 13/08/2019, contemplando assim a 11ª até a 18ª coleta.

7.2 VARIÁVEIS DE CRESCIMENTO

Através das (Figuras 8 e 9) é possível verificar as diferenças obtidas entre os tratamentos T1, T2 e T3 para as variáveis: altura total da planta e diâmetro a 0,20m. Ressalta-se que essa medida de diâmetro da planta a 0,20m, como explicado anteriormente, ocorreu antes das plantas alcançarem a medida padrão comumente denominada “diâmetro a altura do peito (DAP)”, que ocorre a 1,30m acima do nível do solo.

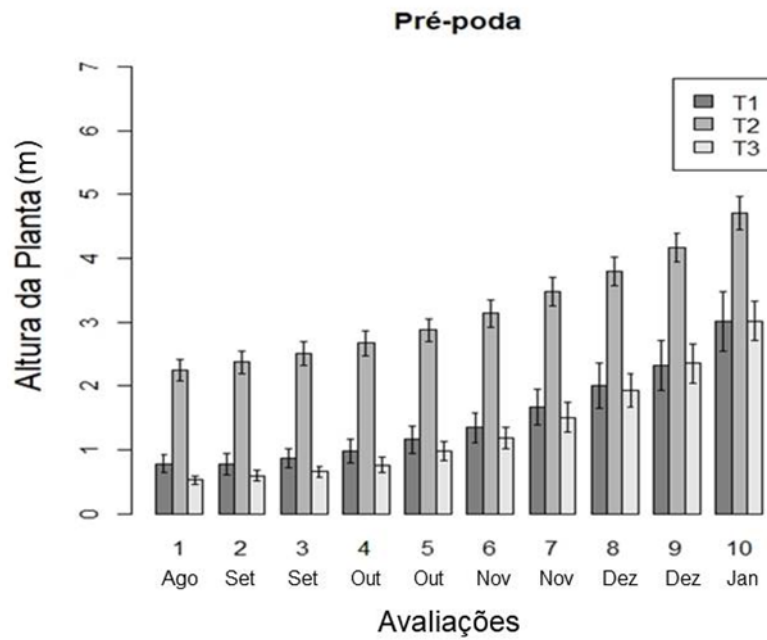


Figura 8 – Variável de crescimento, altura da planta(m) em função do tempo da avaliação e do tratamento, média e erro-padrão (n=18).

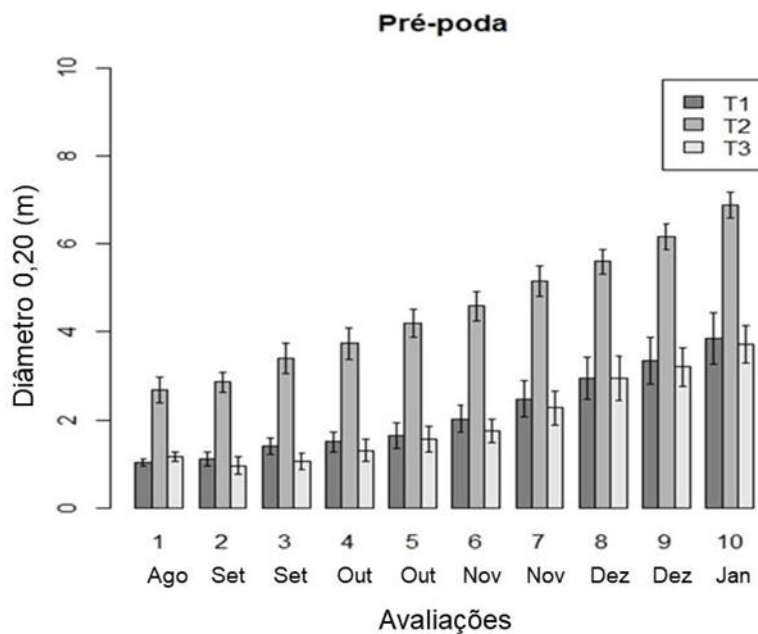


Figura 9 – Variável de crescimento, diâmetro a 0,20(m) em função do tempo da avaliação e do tratamento, média e erro-padrão (n=18).

Após proceder à análise de variância e, por conseguinte realização de teste de Wald, foram constatados efeitos significativos de tratamentos e tempo sobre as variáveis: altura da

planta e diâmetro da planta 0,20m no pré-poda (Tabela 1, $P < 0,05$). Entretanto, não houve interação significativa entre tempo e tratamento para altura, indicando que os efeitos de tratamento são consistentes para as variáveis analisadas, entre a primeira até a décima avaliação.

Tabela 1 – Análise de variância para medidas repetidas (MIXED ANOVA) e teste de Wald para os efeitos fixos de período de avaliação, tratamentos e interação para as variáveis: altura de planta (m) e diâmetro da planta 0,20m.

Fonte de Variação	GL	Altura (m)			Diâmetro planta (0,20m)		
		χ^2	P		χ^2	P	
Tratamentos	2	47,76	<0,001	***	44,22	<0,001	***
Tempo	9	1653,49	<0,001	***	1449,51	<0,001	***
Interação							
Tratamento x Tempo	18	8,77	0,9649	(ns)	63,33	<0,001	***

Código de significância: (*) $P < 0,05$; (**) $P < 0,01$; (***) $P < 0,001$.

7.2.1 Altura total da planta

A respeito do desenvolvimento da altura da planta, por meio da comparação de médias marginais, são percebidos maiores valores de altura para T2 no período pré-poda (Tabela 2). Após realização do teste de Tukey, verifica-se que houve diferença significativa para o tratamento T2, em relação aos tratamentos T1 e T3 ($P < 0,05$). Entretanto, os tratamentos T1 e T3, não apresentaram diferença significativa entre si ($\alpha = 0,05$).

Tabela 2 - Médias marginais (com erros-padrão) dos tratamentos para as variáveis altura e diâmetro da planta 0,20m calculadas sobre as avaliações no pré-poda.

Tratamento	Altura*	Diâmetro planta (0,20m)
T1	1,49 ± 0,21 b	2,13 ± 0,30 b
T2	3,20 ± 0,21 a	4,53 ± 0,30 a
T3	1,35 ± 0,21 b	1,99 ± 0,30 b

* Letras diferentes indicam médias estatisticamente distintas pelo teste de Tukey ($\alpha = 0,05$).

A partir de tal constatação é possível inferir que a diferença de altura de T2 para os demais tratamentos tenha ocorrido em função da capacidade de interceptação da radiação

solar e seu efeito fotossintético sobre a planta que possuía dossel dominante no consórcio (Figura 10). Neste caso, portanto o consórcio T2, o qual foi composto por (Amora + Eucalipto + Pupunha), sendo que, dentre as três espécies que compuseram T2 o eucalipto (*Eucalyptus urograndis*) foi a espécie que apresentou tal característica e a sustentou durante todo o período do pré-poda.

Em teoria a diferença de altura do eucalipto de T2 para os demais tratamentos pode ser explicada pelo fato da pupunha ser uma planta de crescimento relativamente lento em comparação ao híbrido *Eucalyptus urograndis*, que ao contrário da pupunha apresenta bom desempenho de crescimento. Outro fator importante que fez parte de T2 é que a terceira espécie que compôs esse tratamento foi a amora, e nesse caso, a amora foi plantada por meio de estaquia, sendo que, as estacas utilizadas possuíam em média o tamanho de 0,25m. Desse modo, demorou para que a amora se desenvolvesse a ponto de poder crescer e sombrear o eucalipto, o que poderia portanto equilibrar a competição por luz nesse tratamento.

De acordo com Righi et al. (2015) a produtividade de um plantio florestal depende muito do tamanho do dossel das árvores, porque determina os padrões de interceptação da radiação solar e influencia fortemente as interações entre as plantas e o ambiente. Os autores afirmam ainda que a maioria das características das árvores de eucalipto, como altura e biomassa total, são fortemente afetadas pela irradiância disponível.

Nesse sentido, Caron et al. (2014) afirmam que a eficiência de conversão da radiação solar em fitomassa é uma variável frequentemente utilizada em modelos de simulação do crescimento das culturas, pois a produção de biomassa está relacionada com a eficiência que uma planta converte energia radiante em química, dada ao processo da fotossíntese.

Righi et al. (2015) ao analisarem efeito do sombreamento em florestas de eucalipto (*Eucalyptus camaldulensis*) puderam constatar em seu experimento que *E. camaldulensis* respondeu positivamente ao aumento da irradiação aumentando o tamanho do dossel e a área foliar total, mantendo sua proporcionalidade ao longo do transecto.

De modo geral o crescimento das árvores em um ecossistema florestal é estabelecido por variáveis ambientais inerentes ao local em que estão crescendo, sobretudo pelas características climáticas locais e pela disponibilidade de água e nutrientes do solo. Contudo, o comportamento de crescimento individual de árvores em relação umas às outras é então determinado principalmente pela competição entre as árvores pela luz, um processo assimétrico, heterogêneo, que influencia o crescimento e a sobrevivência das plantas e as

interações competitivas na comunidade. (GLENCROSS et al., 2016; VALLADARES, 2003; VALLADARES e NIINEMETS, 2008).

Millner e Kemp (2012), ao pesquisarem o efeito da radiação solar no crescimento sazonal de altura e diâmetro de 12 espécies de eucalipto na região montanhosa da Nova Zelândia, concluíram que as árvores que se situavam na face ensolarada obtiveram melhores índices de crescimento em relação às árvores que estavam na face sombreada pelos morros. O estudo mostrou ainda que o crescimento em altura e diâmetro apresentou diferenças conforme as estações do ano e foi impulsionado em grande parte pela quantidade de radiação solar diária recebida. Tais autores sustentam ainda que o crescimento das árvores está linearmente relacionado à quantidade de radiação solar interceptada pelo dossel.

7.2.2 Diâmetro da planta a 0,20m

Quanto à variável diâmetro da planta 0,20m, houve interação significativa entre tempo e tratamento (Tabela 1, $P < 0,05$). Porém, comparações múltiplas pelo teste de Tukey indicaram sempre o mesmo padrão de resposta (Figura 10). O tratamento T2 apresenta valores estatisticamente diferentes e maiores de diâmetro da planta 0,20m em todos os tempos ($p \leq 0,05$), enquanto os tratamentos T1 e T3 não diferem entre si.

Com relação à evolução do diâmetro a 0,20m percebe-se que no estudo em questão esta variável está intimamente relacionada ao desenvolvimento em altura da planta como mostrado na (Figura 9) seguindo, portanto a mesma tendência ao longo do tempo.

Partindo do mesmo pressuposto ora discutido na variável altura, considera-se que o fator radiação solar interceptada pode ter feito com que o tratamento 2 se diferenciasse dos demais. Uma vez que, os tratamentos T1 (Cedro Australiano + Eucalipto + Banana) e T3 (Mogno Africano + Eucalipto + Banana) apresentaram desde o início do experimento alturas semelhantes a do eucalipto (Figura 10), como foi o caso do mogno africano, tanto quanto, superior ao eucalipto como o cedro australiano e mais especificamente a banana, que por sinal fez parte de T1 e T3 menos de T2. É importante ressaltar ainda que as mudas possuíam média de 0,40m de altura no ato do plantio, contudo as mudas de bananeira utilizadas para plantio no SAF possuíam em média 1,50m, sendo esse, um fator que pode ter influenciado fortemente a questão do sombreamento do eucalipto até o período da 10ª avaliação, tal fator está condicionado muito em função da organografia das folhas da bananeira, ou seja, sua

morfologia externa. Logo, sendo essa, capaz de sombrear as demais plantas abaixo de seu dossel.

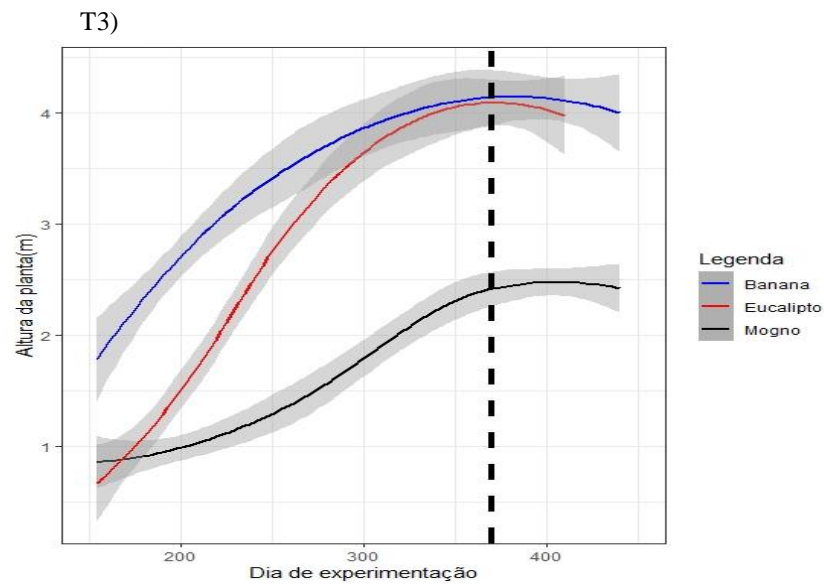
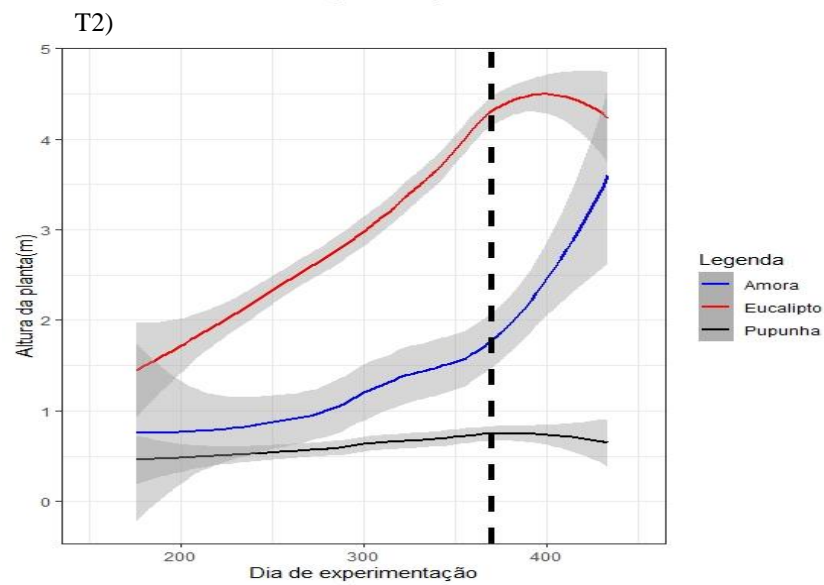
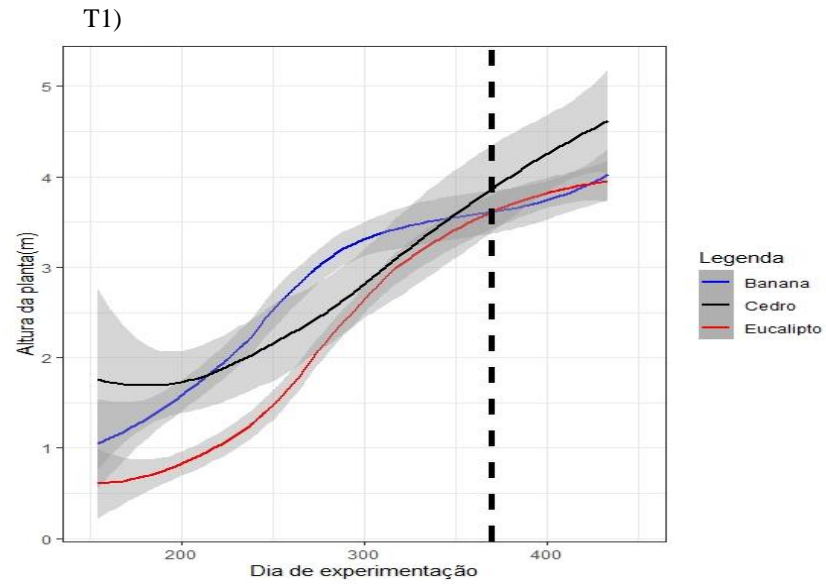


Figura 10 – Alturas das espécies vegetais representadas por regressão local polinomial, com intervalos de 95% de confiança (T1, T2 e T3).

Segundo Martins et al. (2000) árvores que não estão sob o efeito de sombreamento, e que recebem grande quantidade de luz em toda a extensão vertical da copa, desenvolvem ramos vigorosos desde a parte inferior do caule. Devido à maior quantidade de ramos vigorosos, as árvores isoladas, geralmente, desenvolvem maior diâmetro do tronco próximo ao solo, com rápido afilamento em direção ao topo, resultando em toras de conicidade acentuada.

De acordo com Binkley (2010) ocorrem diferentes variações no crescimento de indivíduos de uma floresta em função da capacidade que determinada planta possui de interceptar a luz, assim como, sua respectiva eficiência de uso no processo de crescimento. Os referidos autores, ao conduzirem experimento em florestas de eucaliptos em diferentes regiões do Brasil, constataram que as árvores dominantes apresentaram taxas mais altas de crescimento de tronco (quatro vezes mais), em comparação as árvores subordinadas.

Quando uma planta é rodeada por outras, a quantidade de luz disponível que chega às folhas pode se tornar limitante, dando início a ocorrência do processo de competição pela luz. Em consequência disto, o crescimento de caules e folhas pode ser severamente limitado se a concorrência chegar ao ponto em que uma planta é completamente sombreada por seus vizinhos (GLIESSMAN, 2015).

Pereira e colaboradores (2015) ao realizarem avaliação do efeito do componente arbóreo sobre forrageiras em sistemas silvipastoris na mesorregião dos Campos das Vertentes no estado de Minas Gerais utilizaram como tratamento três espaçamentos diferentes 3x2, 6x4 e 10x4m de (*Eucaliptus urophylla*). Os pesquisadores verificaram que os maiores valores de DAP ocorreram nos espaçamentos 6x4 e 10x4m, respectivamente, sendo que, no espaçamento de 3x2 foi obtido o menor valor. Os autores consideram que tal resultado seja devido a uma maior competição entre as plantas neste espaçamento, limitando o crescimento individual.

7.3 VARIÁVEIS FITOPATOLÓGICAS

7.3.1 Incidência da doença

No concernente a análise da incidência da doença da ferrugem, após análise de variância (Tabela 3, $p < 0,05$) os dados indicaram haver diferença entre os tratamentos. Contudo, diferenças significativas pelo teste de Tukey ($\alpha = 0,05$) ocorreram apenas nas avaliações 3, 4, 5 e 6, sendo que essas diferenças sempre apresentaram o mesmo padrão: T1 apresentou os maiores valores de incidência, diferindo significativamente de T2. O tratamento 3 apresenta resultados intermediários, não diferindo de T1, mas sendo significativamente maior do que T2 (Figura 11).

Tabela 3 – Análise de variância para medidas repetidas (MIXED ANOVA) e teste de Wald para os efeitos fixos de período de avaliação, tratamentos e interação para a variável Incidência da doença (pré-poda).

Fonte de Variação	GL	Incidência		
		χ^2	P	
Tratamentos	2	23,12	<0,001	***
Tempo	9	355,21	<0,001	***
Interação Tratamento x Tempo	18	102,95	<0,001	***

Código de significância: (*) $P < 0,05$; (**) $P < 0,01$; (***) $P < 0,001$.

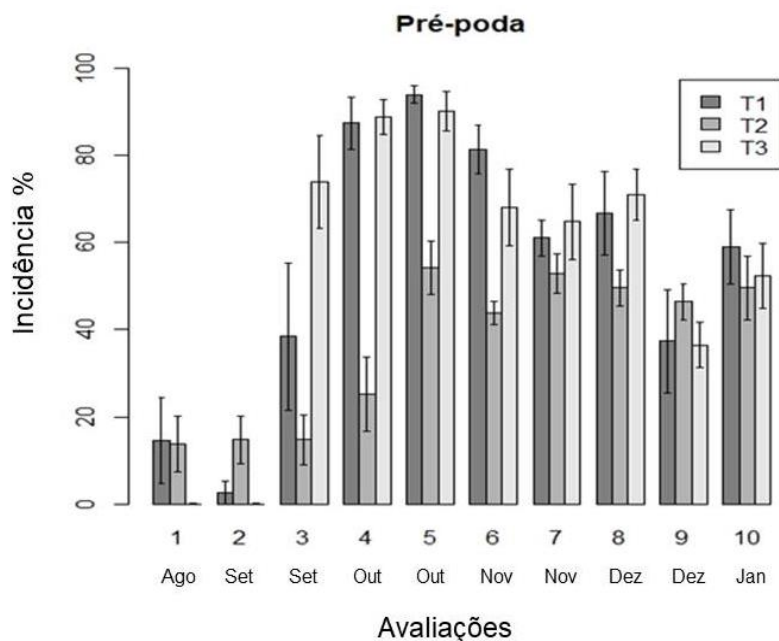


Figura 11 – Incidência da ferrugem do eucalipto em função do tempo da avaliação e do tratamento. Média e erro-padrão (n=16).

Deste modo verifica-se na (Figura 11) a porcentagem de plantas infectadas por *Puccinia psidii* nos três tratamentos avaliados no período de 17/08/2018 a 09/01/2019, procurou-se analisar de modo descritivo o comportamento geral da incidência sobre os tratamentos. Posto isto, observa-se que até as duas primeiras avaliações o maior valor de incidência da ferrugem era inferior a 18%, sendo que, a partir da terceira avaliação o índice geral para incidência apresenta expressivo aumento, obtendo entre a quarta e sexta avaliações o valor máximo de 94%, e a partir da sétima avaliação até o final do pré-poda apresenta considerável tendência de decréscimo.

Ao analisar o comportamento geral da incidência no pré-poda percebe-se que o início das avaliações ocorre no final dos meses de inverno agosto/setembro, que de acordo com a classificação climática de Köppen, para a região em questão, possui inverno seco com temperaturas inferiores a 18°C. Condições climáticas essa que segundo (RUIZ et al., 1989; MORAES et al., 2014; APARECIDO, 2001; BORA et al., 2016) não apresentam favorabilidade climática para o desenvolvimento da doença, pois tais condições atuam sobre o patógeno prejudicando a propagação e germinação de suas estruturas infectivas.

O patógeno da ferrugem do eucalipto necessita de umidade sobre as folhas e brotações, em condições noturnas, para que os urediniosporos germinem e penetrem na planta hospedeira. A umidade favorece a germinação e penetração dos fitopatógenos, bastando um curto período de condição favorável, independentemente da luminosidade (FERREIRA, 1989; VALE et al., 2004).

Assim sendo, entre a quarta e sexta avaliações que se dão nos meses de outubro/novembro ocorre o ponto máximo da infecção, apresentando o valor de 94%. Observa-se que essas avaliações se encontram dentro da estação da primavera, que para a região do estudo, é a época em que começam as primeiras chuvas regulares pós-inverno e, por conseguinte aumento da temperatura. Como mencionado anteriormente tais condições apresentam favorabilidade climática ideal para aumento e desenvolvimento da ferrugem.

Os resultados encontrados nesse estudo estão em consonância com os resultados obtidos por Pieroni et al. (2018) que ao realizarem estudos da ferrugem do eucalipto em condições de epidemia aberta e inoculação controlada no *Campus* da Universidade Estadual Paulista Júlio de Mesquita Filho – UNESP de Botucatu, SP, verificaram que em condições de campo os meses de outubro e novembro foram os meses mais críticos para a doença.

De igual modo os resultados obtidos nessa pesquisa são corroborados por Bora et al., (2016) que ao elaborarem extenso trabalho de zoneamento da favorabilidade climática para a

ferrugem do eucalipto no estado do Paraná, constataram que as estações do ano mais favoráveis à ocorrência da doença foram a primavera e o verão e a menos favorável foi o inverno.

Desta forma após a sétima avaliação verifica-se uma leve tendência de redução no nível de incidência entre todos os tratamentos que parecem se comportarem de modo consonante entre si.

7.3.2 Severidade da doença

Com relação a variável severidade da doença e seu comportamento dentro do sistema agroflorestal em questão, é possível verificar através da (Figura 12) como ocorreu a curva de progressão da doença ao longo do tempo.

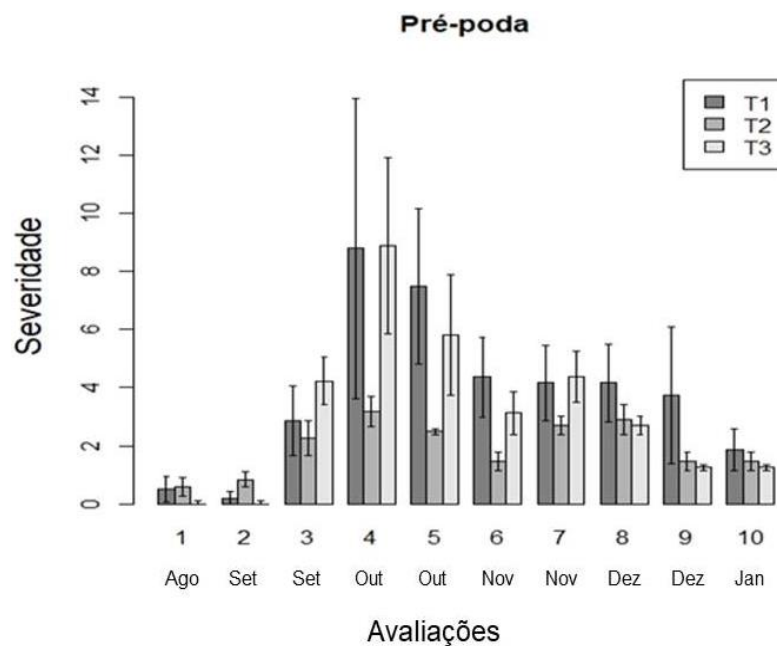


Figura 12 – Curva de progressão da doença em função da nota de severidade ao longo do tempo (avaliação). Média e erro-padrão (n=16).

Verifica-se que a severidade apresenta baixos valores no início das avaliações tanto para T1, como T2 e T3, onde são percebidos os primeiros sinais de aparecimento da doença, entretanto a partir do mês de outubro o que corresponde respectivamente a quarta avaliação, percebe-se que ocorre uma rápida disseminação do fungo elevando acentuadamente o nível da

severidade para os tratamentos 1 e 3 exceto para T2 que mantém o nível de severidade próximo aos valores iniciais.

Após realização do cálculo da área abaixo da curva de progresso da doença (AACPD) para severidade, seguida de respectiva análise de variância (Tabela 4), verifica-se que houve diferença significativa ($p < 0,05$) para as variáveis tratamento e tempo, no entanto a interação tratamento x tempo não foi significativa.

Tabela 4 – Análise de variância para medidas repetidas (MIXED ANOVA) e teste de Wald para os efeitos fixos de período de avaliação, tratamentos e interação para AACPD.

Fonte de Variação	GL	(AACPD)		
		χ^2	P	
Tratamentos	2	7,63	0,022	*
Tempo	9	1763,16	<0,001	***
Interação Tratamento x Tempo	18	14,31	0,160	(ns)

Código de significância: (*) $P < 0,05$; (**) $P < 0,01$; (***) $P < 0,001$.

Como já apresentado na curva de progressão da doença (Figura 12) o gráfico demonstra que os tratamentos T2 e T3 diferem entre si, enquanto T1 apresenta um resultado intermediário de AACPD, não diferindo dos demais tratamentos pelo teste de Tukey ($\alpha = 0,05$).

O comportamento da severidade da doença encontrado na (Figura 12) é muito semelhante ao observado também na incidência onde se registraram níveis inicialmente baixos, mas que, no entanto ao iniciar o período chuvoso concomitantemente com a mudança de temperatura de inverno para primavera propiciou um ambiente de favorabilidade climática para disseminação do patógeno, configurando assim a influência do período estacional do ano sobre a dinâmica reprodutiva do patógeno da ferrugem.

Deste modo, como lembram Jesus Junior et al., (2007) o desenvolvimento de doenças em plantas está relacionado a três fatores: o patógeno, o hospedeiro e o ambiente. Possuindo todos esses três fatores características fundamentais no desenvolvimento das epidemias, porém, o ambiente exerce papel predominante sobre os demais, uma vez que também os influencia.

Sendo assim, a menor severidade encontrada no tratamento 2 (Tabela 5), pode estar indicando que o eucalipto se desenvolveu em um ambiente com mais acesso a radiação solar e

favorecido também por uma maior ventilação graças ao seu dossel superior às plantas companheiras que compunham este consórcio, ou seja, a amora e a pupunha.

Tabela 5 - Médias marginais (com erros-padrão) dos tratamentos para AACPD calculada sobre as avaliações no pré-poda.

Tratamento	AACPD
T1	16,70 ± 0,79 ab
T2	14,50 ± 0,72 a
T3	17,20 ± 0,79 b

* Letras diferentes indicam médias estatisticamente distintas pelo teste de Tukey ($\alpha=0,05$).

Situação semelhante a esta é relatada por Pieri (2016) que ao conduzir experimento com eucalipto solteiro e consorciado com (*Acacia mangium*) contendo plantas com e sem adubação, verificou que as plantas adubadas apresentaram dossel mais alto e por isso receberam maior ventilação, não tornando o ambiente favorável ao desenvolvimento da doença.

Outro fator importante a se considerar ocorrido a partir da quarta avaliação é o aumento expressivo do nível da severidade da doença em relação às medições anteriores, sobretudo em T1 e T3, que pode estar relacionado ao aumento da umidade relativa do ambiente decorrente das chuvas referente a esse período.

De acordo com Huber e Gillespie (1992) também citado por Pieri (2016), fatores meteorológicos são consideradas ferramentas importantes para o estudo epidemiológico de fitopatógenos. Pois os fatores temperatura e umidade têm efeito sobre as fases de epidemia de uma doença fúngica, sobretudo nas primeiras fases do ciclo de vida como a germinação, penetração, colonização, esporulação e por fim a dispersão do inóculo.

Nesse sentido, é que Ruiz et al., (1989) e Bora et al., (2016) argumentam que os índices de infecção variam com a temperatura e período de molhamento foliar, sendo que, os períodos de favorecimento para a disseminação da ferrugem do eucalipto ocorrem com temperaturas entre 18 a 25°C e período de molhamento foliar a partir de 4h, com umidade relativa do ar igual ou acima de 90%.

Já Blum e Dianese (2001) argumentam que umidade relativa do ar igual ou acima de 80% favorece liberação de urediniosporos e o desenvolvimento da ferrugem no Jambreiro (*Syzygium jambos*). Contudo, Aparecido (2001) verificou em sua pesquisa que os maiores

níveis de severidade para o *Puccinia psidii* ocorreram com umidade relativa do ar a partir de 70%.

Baseando-se nessas informações pode-se deduzir que com o aumento e regularidade do período chuvoso ocorrido no final de setembro e começo de outubro (Figura 13), houve relativo aumento da umidade presente em toda a área do SAF, mas principalmente nos tratamentos T1 e T3 em que o eucalipto se encontrava em franca situação de sombreamento dado seu menor dossel em relação às plantas presentes nesses consórcios, situação essa, que pode ter propiciado um microclima favorável para que se agravasse a severidade da doença.

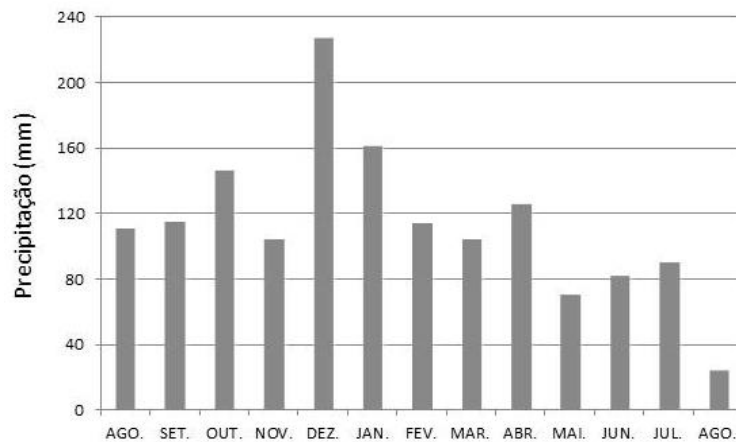


Figura 13 – Distribuição mensal da precipitação no período de agosto 2018 à agosto 2019.

Por fim verifica-se ainda na curva de progressão da doença (Figura 12) um decréscimo após o registro de pico da infecção para os três tratamentos, ocorrendo a partir da sexta avaliação e que se sucede até o final do período pré-poda. Entretanto, tal comportamento é mais nítido em T1 e T3 que são os mais acometidos pela doença.

Esse comportamento de diminuição da doença logo após certo grau de severidade pode ser atribuído ao fator de estratégia de defesa que as plantas possuem quando acometidas por algum agente fitopatogênico, tais como, fungos, bactérias, vírus, nematóides e insetos. Embora, aparentemente indefesas ao serem atacadas por agressores ou até mesmo em condições adversas, as plantas apresentam estratégias de defesa na tentativa de mitigar ou até mesmo impedir a penetração de agentes fitopatogênicos (FERNANDES et al., 2009).

Em resposta ao ataque de determinado agente patógeno, as plantas apresentam um mecanismo conhecido como resistência induzida, na tentativa de atrasar ou evitar a entrada e a subsequente atividade de um patógeno em seus tecidos. A indução de resistência envolve a

ativação de mecanismos de defesa latentes existentes nas plantas em resposta ao tratamento com agentes bióticos ou abióticos (CARVALHO, 2012).

De acordo com Takahashi (2002) conforme as plantas de eucalipto vão avançando em idade, elas apresentam maior resistência ao fungo *P. psidii*. Sendo que após os 24 meses de idade as plantas de eucalipto ficam cada vez menos sujeitas aos efeitos deletérios decorridos da doença (SANTOS, 2006; ZAUZA, 2007).

7.4 PERÍODO PÓS-PODA

7.5 VARIÁVEIS DE CRESCIMENTO

Tal como explicado anteriormente às plantas de eucalipto passaram por processo de poda apical a altura de 4m, dessa maneira, o período pós-poda teve início em 17/04/2019 e foi até 13/08/2019, correspondente a 11ª até a 18ª avaliação. Portanto, com relação as variáveis de crescimento deixou-se de tomar nota da variável altura em função da poda realizada e continuou-se avaliando somente a variável diâmetro a altura do peito (DAP) a 1,30m acima do nível do solo.

7.5.1 Diâmetro a altura do peito (DAP)

A (Figura 14) indica as diferenças para a variável diâmetro da planta a altura do peito (DAP) encontradas nos tratamentos T1, T2 e T3. A diferença entre os tratamentos é confirmada através da análise de variância (Tabela 6, $P < 0,05$).

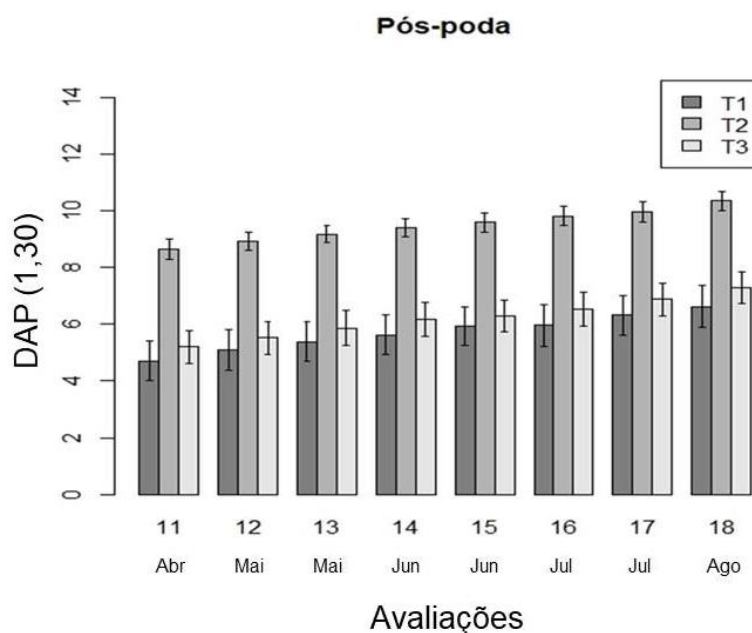


Figura 14 – Variável de crescimento, diâmetro a altura do peito (DAP) 1,30m em função do tempo da avaliação e do tratamento, média e erro-padrão (n=14).

Tabela 6 – Análise de variância para medidas repetidas (MIXED ANOVA) e teste de Wald para os efeitos fixos de período de avaliação, tratamentos e interação para a variável diâmetro a altura do peito (DAP) 1,30m.

Fonte de Variação	GL	Diâmetro a altura do peito DAP (1,30m)		
		χ^2	P	
Tratamentos	2	39,22	<0,001	***
Tempo	7	1359,90	<0,001	***
Interação Tratamento x Tempo	14	14,77	0,394	(ns)

Código de significância: (*) P<0,05; (**) P<0,01; (***) P<0,001.

É possível verificar que a variável diâmetro da planta no pós-poda mantém o mesmo padrão de crescimento do período pré-poda, onde o tratamento 2 apresentou maior desenvolvimento entre os demais tratamentos. Desta forma, através de comparações múltiplas pelo teste de Tukey (Tabela 7, $p \leq 0,05$), percebe-se que T2 apresenta valores estatisticamente maiores de diâmetro a altura do peito em relação a T1 e T3, que não apresentam diferenças entre si ($\alpha=0,05$).

Tabela 7 – Médias marginais (com erros-padrão) dos tratamentos para DAP 1,30 calculadas sobre as avaliações do pós-poda.

Tratamento	DAP 1,30*
T1	5,71 ± 0,46 b
T2	9,49 ± 0,46 a
T3	6,22 ± 0,46 b

* Letras diferentes indicam médias estatisticamente distintas pelo teste de Tukey ($\alpha=0,05$).

7.6 VARIÁVEIS FITOPATOLÓGICAS

7.6.1 Incidência da doença

Com relação ao percentual de incidência da doença por *Puccinia psidii* entre os tratamentos no período pós-poda, verificou-se que não houve efeitos de tratamentos e interações tempo x tratamento significativas ($p < 0,05$). Apenas há variações ao longo do tempo (Tabela 8).

Tabela 8 – Análise de variância para medidas repetidas (MIXED ANOVA) e teste de Wald para os efeitos fixos de período de avaliação, tratamentos e interação para a variável Incidência da doença (pós-poda).

Fonte de Variação	GL	Incidência		
		χ^2	P	
Tratamentos	2	2,23	0,326	(ns)
Tempo	7	62,74	<0,001	***
Interação Tratamento x Tempo	14	7,37	0,9192	(ns)

Código de significância: (*) $P < 0,05$; (**) $P < 0,01$; (***) $P < 0,001$.

A (Figura 15) indica que não há diferenças entre tratamentos. O percentual de incidência parece variar mais no T1 do que nos outros tratamentos. Observa-se ainda que a incidência manteve-se alta após o manejo da poda, beirando 100% em todos os tratamentos.

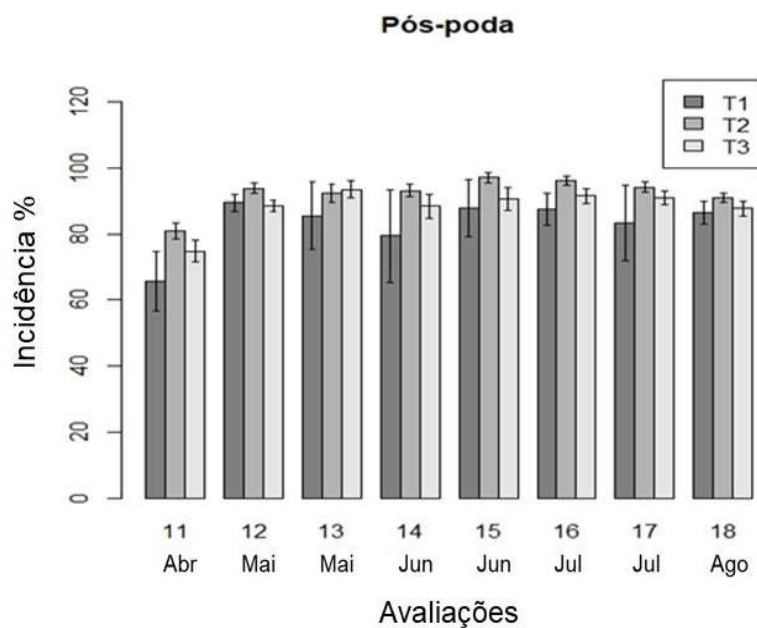


Figura 15 – Incidência da ferrugem do eucalipto em função do tempo da avaliação e do tratamento.

Enquanto a incidência ao final do período do pré-poda apresentava tendência de decréscimo, no pós-poda o gráfico mostra que a incidência tem outro comportamento, mantendo-se alta após o manejo da poda de modo quase uniforme para todos os tratamentos. É possível inferir que o comportamento paritário apresentado pela incidência em todos os tratamentos tenha ocorrido em função dos novos brotos que surgiram após o processo de poda, evidenciando assim o início de uma nova dinâmica no sistema.

Como exposto anteriormente a ferrugem apresenta maior incidência em plantas jovens, tanto no viveiro como no campo, causando sérios danos à planta provocando lesões, sobretudo em órgãos tenros como folhas e brotações jovens, fatores que prejudicam o processo fotossintético, reduzindo o crescimento das árvores.

Em conformidade com Sampaio et al. (2007) ao avaliarem o efeito de sucessivas podas de brotos e fustes em árvores de pau-rosa (*Aniba rosaeodora* Ducke), constataram que o manejo da biomassa das árvores através de podas apresentou boa capacidade da rebrota da copa, mesmo que as podas sejam sucessivas, evidenciando dessa forma que a poda de galhos e folhas estimulou vigorosas brotações das árvores de pau-rosa.

Por meio de técnicas como a poda, decepta, anelamento e semi-anelamento do caule, pode-se provocar desequilíbrio entre as folhas (copa) e os sistemas de absorção de água e nutrientes (raízes), o que estimula o desenvolvimento das gemas adventícias, promovendo o crescimento de brotações epicórmicas em curto espaço de tempo (VELASCO, 2003; STUEPP et al. 2016).

7.6.2 Severidade da doença

Do mesmo modo como ocorrido com a incidência no pós-poda, a severidade também apresentou outro comportamento da curva de progressão da doença, com relação ao observado no período pré-poda (Figura 16). Contudo, a análise de variância revelou não haver efeitos de tratamentos e interações tempo x tratamento significativos (Tabela 9, $p > 0,05$).

Tabela 9 – Análise de variância para medidas repetidas (MIXED ANOVA) e teste de Wald para os efeitos fixos de período de avaliação, tratamentos e interação para a variável Severidade da doença.

Fonte de Variação	GL	Severidade		
		χ^2	P	
Tratamentos	2	0,83	0,659	(ns)
Tempo	7	45,28	<0,001	***
Interação Tratamento x Tempo	14	19,58	0,1436	(ns)

Código de significância: (*) P<0,05; (**) P<0,01; (***) P<0,001.

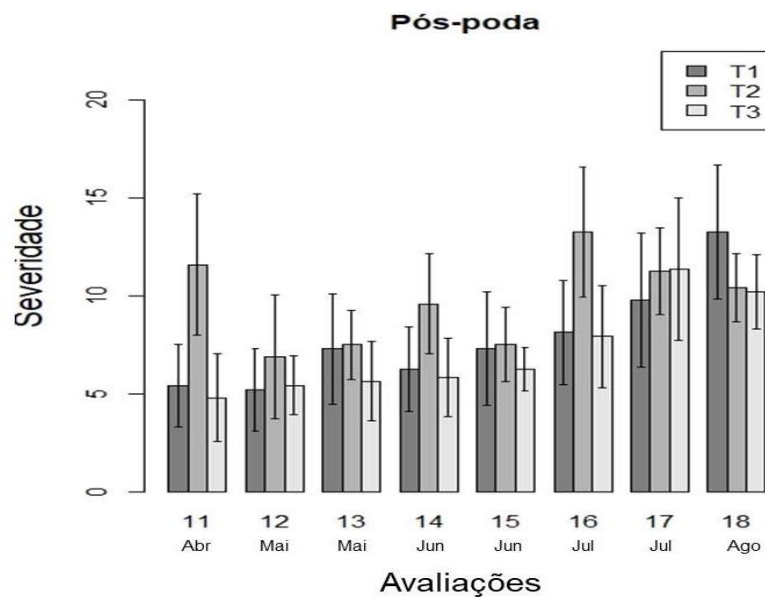


Figura 16 – Curva de progressão da doença em função da nota de severidade ao longo do tempo (avaliação).

Fica claro que o processo de poda realizado nos eucaliptos dá início a uma nova dinâmica às plantas no que concerne às variáveis fitopatológicas. As plantas que ao longo do pré-poda apresentaram um período de pico da doença e logo após tendência de redução, ao sofrerem a poda apical apresentam nova tendência de aumento dos efeitos da severidade pelo patógeno.

Entretanto, diferentemente da severidade observada no pré-poda onde T2 apresentou o menor valor, já no pós-poda apesar dos tratamentos não apresentarem diferença significativa ($p < 0,05$), T2 parece ser o tratamento que mais apresenta variações quanto ao nível de severidade.

Quanto ao comportamento da severidade observado no tratamento 2, uma hipótese viável a se considerar é o fato de que T2 foi o consórcio que melhor se desenvolveu em

relação as variáveis de crescimento: altura e diâmetro da planta. Sendo, portanto, o consórcio que mais apresentou novos ramos e folhas após a poda. Como já descrito os efeitos mais danosos e severos ocasionados pelo fungo *Puccinia psidii* ocorrem principalmente em plantas jovens nos primórdios foliares em galhos e folhas tenros, sendo que, em plantas já adultas a presença do fungo é menos intensa devido às características fisiológicas que concedem certa resistência aos indivíduos mais velhos.

8 CONSIDERAÇÕES FINAIS

Em plantios de eucaliptos numa proposta de consórcio com outras espécies ou em modelos mais sustentáveis e diversificados como os sistemas agroflorestais, recomenda-se atentar para o manejo dos fatores bióticos estabelecidos no sistema, os quais quando bem manejados, podem atuar favoravelmente sobre os fatores abióticos inerentes ao meio ambiente, como a luz, a radiação solar, a temperatura, a umidade, o vento, a água, entre outros.

Nesse sentido, ficou claro que o processo de poda realizado nos eucaliptos propiciou uma nova dinâmica no concernente as variáveis fitopatológicas. Pois as plantas que ao longo do pré-poda apresentaram um período de pico da doença e logo após tendência de redução, ao sofrerem a poda apical apresentaram índices crescentes e maiores com relação aos efeitos nocivos pelo patógeno em função do estímulo recebido para emissão de novas brotações.

Portanto, o manejo adequado dos fatores bióticos como podas para entrada de luz, ou combinação adequada para plantio entre espécies diferentes poderá converter-se em melhores resultados.

Exemplo disso seria o caso da bananeira, que no presente estudo, contribuiu com o aumento da doença devido o sombreamento exercido nos tratamentos em que estava plantada, entretanto sua presença no sistema é fundamental, pois além da produção de frutos é uma planta que retém muita água e quando cortada retorna água e biomassa ao sistema. Assim sendo, caso nesse experimento fosse realizado também o manejo de poda das bananeiras, certamente ocorreria outro comportamento do fungo em relação aos eucaliptos sombreados.

Com relação ao manejo biótico em plantios de eucalipto consorciado, sugere-se ainda o plantio em épocas diferentes para espécies diferentes como a bananeira ou o cedro australiano, que nesse caso, foram plantados no mesmo tempo em que as mudas de eucalipto, tornando-se desse modo responsáveis pelo fator sombreamento constatado no experimento.

Dessa forma, a realização do plantio primeiramente do eucalipto com espécies que não competem no mesmo dossel como a pupunha e posteriormente de outras espécies de crescimento rápido ou mudas maiores como o caso da banana, pode ser uma alternativa mais proveitosa para uma relação interespecífica harmoniosa.

9 CONCLUSÃO

Dentre os três tratamentos analisados T2 foi o tratamento em que o eucalipto apresentou melhor desenvolvimento tanto em altura como em diâmetro da planta. Considera-se que o fator radiação solar interceptada desde o início do plantio, possibilitou em grande parte o bom desempenho apresentado por este tratamento.

Com relação à progressão da doença no sistema agroflorestal analisado, verificou-se que os tratamentos T1 (Cedro Australiano + Eucalipto + Banana) e T3 (Mogno Africano + Eucalipto + Banana) apresentaram comportamento estatisticamente semelhantes ($\alpha=0.05$) e com maiores valores que T2, sobre tudo, no pré-poda.

O percentual de incidência da doença, assim como, os níveis de severidade averiguados foram menores no tratamento 2 (Amora + Eucalipto + Pupunha). Acredita-se que o fator sombreamento da planta causador de ambiente com maior umidade relativa ocorrido em T1 e T3, diferente de T2 que ao longo de todo período pré-poda possuiu maior dossel e mais exposto ao sol em relação ao consórcio, seja causa de tal resultado.

Apesar do processo de poda inserir nova dinâmica no sistema aumentado à intensidade da ferrugem em todos os tratamentos e causando nova variação entre eles, os mesmos não apresentaram diferenças estatísticas ($p<0,05$) entre si no pós-poda.

Por fim, como mencionado acima para plantios de eucaliptos integrados com outros sistemas produtivos ou consorciados com outras espécies como o caso dos sistemas agroflorestais, e que preconizam práticas alternativas de controle para doenças, aconselha-se observar atentamente o manejo dos fatores bióticos. O manejo adequado desses fatores poderá contribuir no controle da ferrugem e proporcionar plantas mais saudáveis.

REFERÊNCIAS

- AGUIAR-MENEZES, E. DE L. **Diversidade vegetal: uma estratégia para o manejo de pragas em sistemas sustentáveis de produção agrícola**. Seropédica-RJ, Embrapa Agrobiologia, 2004. 68p. (Documentos 177).
- ALFENAS, A. C. et al. *Heteropyxis natalensis*, a new host of *Puccinia psidii* rust. **Australasian Plant Pathology**, v. 34, n. 2, p. 285, 2005.
- ALTIERI, M. **Agroecologia: A dinâmica produtiva da agricultura sustentável**. 4 ed. Porto Alegre: Editora da UFRGS, 2004.
- AMADOR, D. B. Restauração de ecossistemas com sistemas agroflorestais. **Sistemas Agroflorestais e Desenvolvimento Sustentável**, p. 1–12, 2003.
- APARECIDO, C. C.; VALE, S. L. do. Importância do fungo *puccinia psidii* winter para a cultura de eucalipto no estado de são paulo. **Biológico**, v. 74, n. 1, p. 19–22, 2012.
- APARECIDO, Christiane Ceriani. **Estudos ecológicos sobre *Puccinia psidii* winter - ferrugem das mirtáceas**. 2001. x, 65 f. Dissertação (mestrado) - Universidade Estadual Paulista, Faculdade de Ciências Agrônômicas, 2001. Disponível em: <<http://hdl.handle.net/11449/97238>>.
- ARAÚJO, J. B. S. et al. Tendências agroecológicas na produção agropecuária. **INCAPER EM REVISTA**, v. 9, p. 79–89, 2018.
- ARENALES, S.; DAREZZO, A. **Cálculo numérico: aprendizagem com apoio de software**. São Paulo: Thomson Learning, 2008.
- ARMENGOT, Laura; FERRARI, Leone; MILZ, Joachim; VELÁSQUEZ, Fortunato; HOHMANN, Pierre; SCHNEIDER, Monika. Cacao agroforestry systems do not increase pest and disease incidence compared with monocultures under good cultural management practices. **Crop Protection**, v. 130, p. 105047, 2020. ISSN 0261-2194, <https://doi.org/10.1016/j.cropro.2019.105047>.
- AUER, C. G. et al. INFLUÊNCIA DA TEMPERATURA E PROCEDÊNCIA SOBRE A GERMINAÇÃO DE UREDINIÓSPOROS DE *Puccinia psidii*. **Workshop sobre mudanças climáticas e problemas fitossanitários**, 2012.
- AUER, C. G.; SANTOS, Á. F. dos. Doenças em eucaliptos destinados à produção de energia na região Sul do Brasil. **Pesquisa Florestal Brasileira**, v. 31, n. 68, p. 373–379, 2011.
- AUER, C. G.; SANTOS, A. F.; FURTADO, E. L. Doenças do eucalipto. In: AMORIM, L.; REZENDE, J. A. M.; BERGAMIN FILHO, A.; CAMARGO, L. E. A. **Manual de Fitopatologia: doenças das plantas cultivadas**. 5. ed. São Paulo: Agronômica Ceres, 2016. v.2, p. 359-373
- BALBINO, L. C.; BARCELLOS, A. O.; STONE, L. F. **MARCO REFERENCIAL: integração lavoura-pecuária-floresta**. 1ª ed. Brasília, DF: 2011, 2011.

- BALBINO, L. C. et al. AGRICULTURA SUSTENTÁVEL POR MEIO DA INTEGRAÇÃO LAVOURA-PECUÁRIA-FLORESTA (iLPF). **International Plant Nutrition Institute-Brasil**, n. 138, p. 1–18, 2012.
- BALDIN, E. L. **INOVAÇÕES EM MANEJO FITOSSANITÁRIO**. 1ª edição ed. Botucatu-SP: Fundação de Estudos e Pesquisas Agrícolas e Florestais, 2017.
- BARISAUX, M. How have environmental concepts reshaped the agroforestry concept? **Bois et Forêts des Tropiques**, v. 1, n. 331, p. 5–17, 2017.
- BARONI, G. de R.; De PIERI, C.; FURTADO, E. L.; Da SILVA, P. H. M. Genetic parameters of *Eucalyptus pilularis* resistance to rust in controlled and field conditions. **Australasian Plant Pathology**, v. 49, p. 65-68, 2020.
- BENE, J. G.; BEALL, H. W.; CÔTÉ, A. **Trees, food, and people: land management in the tropics**. Ottawa, Canada: International Development Research Centre, 1977.
- BERGER, R. D. The Analysis of Effects of Control Measures on the Development of Epidemics. In: KRANZ, Jürgen; ROTEM, J. (Ed.). **Experimental Techniques in Plant Disease Epidemiology**. Springer-Verlag Heidelberg, Germany. 1988. p. 137-151.
- BERTALOT, Maria José Alves. **Cultura do milho (*Zea mays* L.) em sucessão com aveia preta (*Avena strigosa* Schreb.) em áreas sob manejo agroflorestal em aléias com *Leucaena diversifolia***. 2003. 88 f. Tese (doutorado) - Universidade Estadual Paulista Júlio de Mesquita Filho, Faculdade de Ciências Agrônômicas, 2003. Disponível em: <<http://hdl.handle.net/11449/100035>>.
- BINKLEY, D., STAPE, J. L., BAUERLE, W. L., & RYAN, M. G. Explaining growth of individual trees: Light interception and efficiency of light use by *Eucalyptus* at four sites in Brazil. **Forest Ecology and Management**. v. 259, p. 1704–1713, 2010. doi:10.1016/j.foreco.2009.05.037
- BLUM, L. E. B.; DIANESE, J. C. Padrões de liberação de uredíniosporos e desenvolvimento da ferrugem do jameiro. **Pesq. agropec. bras.**, Brasília, DF, v. 36, n. 6, p. 845-50, jun. 2001.
- BOAVA, L.P.; KUHN, O.J.; PASCHOLATI, S.F.; DI PIERO R.M.; FURTADO, E.L. Efeito de indutores bióticos e abióticos na atividade de quitinase e peroxidase e no controle da ferrugem causada por *Puccinia psidii* em eucalipto. **Summa Phytopathologica**, v.36, n.2, p.168-172, 2010.
- BORA, K. C. et al. Favorabilidade climática para a ferrugem do eucalipto no estado do Paraná. **Summa Phytopathologica**, v. 42, n. 1, p. 24–42, 2016.
- BORGES, L. S.; RIOS, J. A.; AUCIQUE-PÉREZ, C. E.; BELISÁRIO, R.; DUARTE, H. da S. S.; FURTADO, G. Q. Standard area diagram set to assess rust severity on eucalyptus leaves. **Forest Pathology**, v. 49, p. e12510, 2019. Disponível em: <https://doi.org/10.1111/efp.12510>, acesso em: 12 Mai 2020.

BORDA-NIÑO, Mónica. Sistemas agroflorestais em terras secas. *In* RIGHI, C. A.; BERNARDES, M. S. (Org.). **Cadernos da Disciplina Sistemas Agroflorestais**. 1 ed. Piracicaba: Série Difusão, 2018, v 02, p. 189-206.

BRASIL. Lei n. 12.854, de 26 de agosto de 2013. Fomenta e incentiva ações que promovam a recuperação florestal e a implantação de sistemas agroflorestais em áreas rurais desapropriadas e em áreas degradadas, nos casos que especifica. Brasília: **Diário Oficial da União** de 27 de agosto de 2013.

CAMARGO; GISELI MENDONÇA; SILVA, M. M. S. M. P. P. F. DA. Sistemas Florestais Biodiversos: Uma Alternativa para Pequenas Propriedades Rurais. **Revista Brasileira de Gestão e Desenvolvimento Regional**, v. 15, n. 1, p. 34–46, 2019.

CAMPANHA, M. M.; SANTOS, R. H. S.; FREITAS, G. B.; MARTINEZ, H. E. P.; FINGER, F. L.; GARCIA, S. L. R. Incidência de Pragas e Doenças em cafeeiros cultivados em Sistema Agroflorestal e em Cultivo Solteiro. **Revista Ceres**, Viçosa/MG, v. 51, n.295, p. 391-396, 2004.

CARMO, M. S. DO. a Produção Familiar Como Locus Ideal Da Agricultura Sustentável. **Agricultura em São Paulo**, v. 45, n. 1, p. 1–15, 1998.

CARNEGIE, A. J. et al. Uredo rangelii, a taxon in the guava rust complex, newly recorded on Myrtaceae in Australia. **Australasian Plant Pathology**, v. 39, n. 5, p. 463–466, 2010.

CAROLINA, M.; VERDI, Q. ANÁLISE in silico DOS GENES DO CICLO CELULAR DA FERRUGEM DO EUCALIPTO In silico ANALYSIS OF CELL CYCLE GENES OF EUCALYPTUS. **Ciência & Tecnologia**, v. 8, n. Número Especial, 2016.

CARON, Braulio Otomar et al.. Eficiência do uso da radiação solar por plantas Ilex paraguariensis A. ST. HIL. cultivadas sob sombreamento e a pleno sol. **Ciênc. Florest.** Santa Maria, v.24, n.2, p.257-265, Jun. 2014.

Disponível em: <http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1980-50982014000200257&lng=en&nrm=iso>. Acesso em: 17 Abr. 2020.

CARVALHO, A. O.; ALFENAS, A. C.; MAFFIA, L. A.; CARMO, M. G. F.. Resistência de espécies, progênes e procedências de Eucalyptus à ferrugem, causada por Puccinia psidii Winter. **Pesq. Agropec. Bras.** v. 33, p. 139- 147. 1998.

CARVALHO, Nathália Leal. Resistência genética induzida em plantas cultivadas. **REGET**, v. 7, n. 7, p. 1379-1390, Mar-Ago, 2012.

CHALFOUN, S. M.; PIMENTEL, G. C. S.; MATOS, C. S. M.; ANGELICO, C. L.; MORAES, G. E. Influência do consórcio entre café e espécies frutíferas e mudanças climáticas sobre a ocorrência da ferrugem. *In*: X SIMPÓSIO DE PESQUISA DOS CAFÉS DO BRASIL, 2019, Vitória. **Anais... X Simpósio de Pesquisa dos Cafés do Brasil**, Vitória-ES, 2019.

Disponível em: <http://www.104-2636-1-PB-X-SPCB-2019.pdf>. Acesso em: 04 Fev. 2020.

COUTINHO, T. A. et al. Eucalyptus Rust: A Disease with the Potential for Serious International Implications. **Plant Disease**, v. 82, n. 7, p. 819-825, 1998.

DANIEL, O.; PASSOS, C. A. M.; COUTO, L. Sistemas agroflorestais (silvipastoris e agrissilvipastoris) na região Centro-Oeste do Brasil: potencialidades, estado atual da pesquisa e da adoção de tecnologia. In: CARVALHO, M. M.; ALVIM, M. J.; CARNEIRO, J. D. C. (Ed.). **Simpósio Internacional Sistemas Agroflorestais Pecuários na América do Sul** CD-ROM. Embrapa Gado de Leite; FAO, 2000.

DANTAS, M. Aspectos ambientais dos sistemas agroflorestais. In: CONGRESSO BRASILEIRO SOBRE SISTEMAS AGROFLORESTAIS, 1., 1994, Porto Velho. **Anais...** Colombo: Embrapa-CNPQ, 1994. p.433-453. (Documentos, 27).

DIX, M. E.; BISHAW, B.; WORKMAN, S. W.; BARNHART, M. R.; KLOPFENSTEIN, N. B.; DIX, A. M. Pest Management in Energy- and Labor-Intensive Agroforestry Systems. In: BUCK, L. E.; LASSOIE, J. P.; FERNANDES, E. C. M. (Ed.). **Agroforestry in Sustainable Agricultural Systems**. 1. ed. New York Washington, D.C.: CRC PRESS LLC, 1998. p. 411.

DÖLL-BOSCARDIN, P. M. et al. Anatomia foliar de *Corymbia calophylla* (Lindl.) K.D.Hill & L.A.S. Johnson, Myrtaceae. **Brazilian Journal of Pharmacognosy**, v. 20, n. 3, p. 361–367, 2010.

EMBRAPA. ILPF em núm3r05. **Embrapa Agrossilvipastoril**, p. 12, 2016.

ENGEL, V. L. Introdução aos Sistemas Agroflorestais. **Fepaf**, p. 70, 1999.

ESPERÓN-RODRÍGUEZ, M. et al. The risk to Myrtaceae of *Austropuccinia psidii*, myrtle rust, in Mexico. **Forest Pathology**, v. 48, n. 4, 2018.

EWERT, M. et al. Sistemas agroflorestais multiestratos e a legislação ambiental brasileira: desafios e soluções. **Desenvolvimento e Meio Ambiente**, v. 36, p. 95–114, 2016.

FERNANDES, C. F.; VIEIRA JUNIOR, J. R.; SILVA, D. S. G.; REIS, N. D.; ANTUNES JUNIOR, H. **Mecanismos de defesa de plantas contra o ataque de agentes fitopatogênicos**. Porto Velho: Embrapa Rondônia, 2009 (Documentos, 133).

FERREIRA, F. A. A ferrugem do eucalipto. **Revista Árvore**, v. 7, n. 2, p. 92-109, 1983.

FERREIRA, F.A. **Patologia Florestal; principais doenças florestais no Brasil**. Viçosa: SIF, 1989. 570p.

FERREIRA, K.C.Z.; MARINO, C.L.; FURTADO, E.L. Seleção de genótipos de eucalipto resistentes à ferrugem (*Puccinia psidii*) através de parâmetros monocíclicos. **Summa Phytopathologica**, v.43, n.2, p.103-110, 2017.

FOELKEL, Celso Edmundo Bochetti. Eucalipto no Brasil, história de pioneirismo. **Visão agrícola**, n. 4, jul-dez, 2005.

FONSECA, Mariana Duarte Silva. **Duração mínima do molhamento foliar no desenvolvimento da ferrugem (*Puccinia psidii*) e efeito da doença nas respostas fisiológicas do eucalipto**. 2015. Dissertação (Mestrado em Ciências Florestais) – Centro de Ciências Agrárias, Universidade Federal do Espírito Santo, Jerônimo Monteiro-ES, 2015.

FRANCO, F. S.; COUTO, L.; ANOR, F. de C.; JUCKSCH, I.; FILHO, E. I. F.; SILVA, E.; NETO, J. A. A. M. Quantificação De Erosão Em Sistemas Agroflorestais E Convencionais Na Zona Da Mata De Minas Gerais Evaluation of Erosion Under Agroforestry and Conventional Systems in Zona da Mata de Minas Gerais. **Revista Árvore**, v. 26, n. 64, p. 751–760, 2002.

FRANCO, F. S.; ALVARES, S. M. R.; ROSA, S. C. F. DA. **Sistemas agroflorestais com juçara**. v. 1, p. 28, 2017.

FREITAS, A. V. DE et al. O que é o quintal para os agricultores de São João da Várzea no Rio Grande do Norte? **Revista Verde de Agroecologia e Desenvolvimento Sustentável**, v. 14, n. 2, p. 289–302, 2019.

FURTADO, E. L.; SANTOS, C. A. G. ; MASSON, M. V. . Impacto potencial das mudanças climáticas sobre a ferrugem do eucalipto no estado de São Paulo. In: Raquel Ghini; Emília Hamada. **Mudanças climáticas: Impactos sobre doenças de plantas no Brasil**. Brasília. Embrapa, 2008, p. 273-286.

FURTADO, E. L.; MARINO, C. L. Eucalyptus rust management in Brazil. **Forest Research**, New Zealand, v.16 (suppl.), p.118-124, 2003.

GLENCROSS K.; WEST, P. W.; NICHOLS, J. D.; Species shade tolerance affects tree basal area growth behaviour in two eucalypt species in thinned and unthinned even-aged monoculture. **Australian Forestry**. v. 72, p. 157-167. 2016.
DOI: 10.1080/00049158.2016.1160354

GLIESSMAN, S. R. **Agroecology: The Ecology of Sustainable Food Systems**. (third ed.), CRC Press, Boca Raton, USA, 2015.

GOMES, Flávia B. et al. Incidência de pragas e desempenho produtivo de tomateiro orgânico em monocultivo e policultivo. **Hortic. Bras.**, Vitória da Conquista, v. 30, n. 4, p. 756-761, Dez. 2012. Disponível em: <http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0102-05362012000400032&lng=en&nrm=iso>. Acesso em 13 Mai. 2020.

GONÇALVES, S. **Lista preliminar das doenças das plantas do estado do Espírito Santo**. Rio de Janeiro. Ministério da agricultura. p. 1-12, 1929.

HE, H.-M.; LIU, L.-N., Munir, S.; Bashir, N. H.; WANG, Y.; YANG, J.; LI, C.-Y. Crop diversity and pest management in sustainable agriculture. **Journal of Integrative Agriculture**. v. 18, n. 9, p. 1945-1952, 2019. Disponível em: <[https://doi.org/10.1016/S2095-3119\(19\)62689-4](https://doi.org/10.1016/S2095-3119(19)62689-4)>, acesso em: 30 Jan. 2020.

HILL, K. D.; JOHNSON, L. A. S. Systematic studies in the eucalypts 7. A revision of the bloodwoods, genus *Corymbia* (Myrtaceae). **Telopea**, v. 6, n. 2–3, p. 185–504, 1995.

HUBER, L.; GILLESPIE, T. J.. Modelagem da umidade das folhas em relação à epidemiologia de doenças de plantas. **Revista Anual de Fitopatologia** , v. 30, p. 553-577, 1992.

IBÁ - INSTITUTO BRASILEIRO DE ÁRVORES. **Relatório 2019 Report 2019**. Disponível

em: <<https://iba.org/datafiles/publicacoes/relatorios/iba-relatorioanual2019.pdf>>. Acesso em: 09 Jan. 2020.

IBGE - INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA. **Produção da Extração vegetal e da Silvicultura** - 2018. Disponível em: <<https://sidra.ibge.gov.br/Tabela/5930#resultado>>. Acesso em: 09 jan. 2020.

ICRAF. **History of ICRAF and the World Agroforestry Centre**. Disponível em: <<https://www.worldagroforestry.org/about/history>>. Acesso em: 19 set. 2019.

JESUS JUNIOR, W. C.; VALE, F. X. R.; MORAES, W. B.; ZAMBOLIM, L.; RAMOS, F. A. Critérios epidemiológicos para tomada de decisão no manejo de doenças de plantas. In: JESUS JUNIOR, W.C.; POLANCZYK, R.; PRATISSOLI, D.; PEZZOPANE, J. E. M.; SANTIAGO, T. (Org.) **Atualidades em Defesa Fitossanitária**. 1 ed. Visconde do Rio Branco: Suprema Gráfica e Editora, 2007, v. 1, p. 307-326.

JOFFILY, J. Ferrugen Do Eucalipto. **Bragantia**, v. 4, n. 8, p. 475–487, 1944.

JUNGHANS, Davi Theodoro. **Quantificação da severidade, herança da resistência e identificação de marcadores RAPD ligados à resistência à ferrugem (*Puccinia psidii*) em *Eucalyptus grandis***. 2000. 44 f. Tese (Doutorado em Fitopatologia) - Universidade Federal de Viçosa, Viçosa. 2000.

JUNGHANS, D. T.; ALFENAS, A. C.; MAFFIA, L. A. Rating scale to eucalypts rust severity evaluation. **Fitopatologia Brasileira**, v. 28, n. 2, p. 184–188, 2003.

KAGEYAMA P. Y. Consevação in situ de recursos genéticos de plantas. **Ipef**, n. 35, p. 7–37, 1987.

KANG, B. T. Alley cropping - Soil productivity and nutrient recycling. **Forest Ecology and Management**, v. 91, n. 1, p. 75–82, 1997.

KAWANISHI, T. et al. First report of rust disease on ohia and the causal fungus, *Puccinia psidii*, in Japan. **Journal of General Plant Pathology**, v. 75, n. 6, p. 428–431, 2009.

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

KING, K. F. S.; CHANDLER, M. T. **The Waste Lands**: the International Council for Research in Agroforestry, Nairobi, Kenya. 1978.

KUMAR, B. M.; NAIR, P. K. R. The enigma of tropical homegardens. **Agroforestry Systems**, v. 61–62, n. 1–3, p. 135–152, 2004.

LAI, R.; YOU, M.; LOTZ, L. A. P.; VASSEUR, L. Response of green peach aphids and other arthropods to garlic intercropped with tobacco. **Agronomy Journal**. v. 103, n. 3, p. 856–863, 2011. Disponível em: <<https://doi.org/10.2134/agronj2010.0404>>, acesso em: 30 Jan. 2020.

LAI, R.; YOU, M.; ZHU, C.; GU, G.; LIN, Z.; LIAO L.; LIN, L.; ZHONG, X. Myzus persicae and aphid-transmitted viral disease control via variety intercropping in flue-cured

tobacco. **Crop Protection**. v. 100, P. 157-162, 2017. Disponível em:
<<https://doi.org/10.1016/j.cropro.2017.06.021>>. Acesso em: 30 Jan. 2020.

LEÃO NETO, Edson Pereira de Souza. A colonização brasileira e suas determinações sobre o modelo agrícola do País. In RIGHI, C. A.; BERNARDES, M. S. (Org.). **Cadernos da Disciplina Sistemas Agroflorestais**. 1 ed. Piracicaba: Série Difusão, v. 02, p. 11-26, 2018.

LOURENÇO, ANDRÉIA VIGOLO; MARTINS, G. A experiência de “licenciamento de sistemas agroflorestais” no Rio Grande do Sul: potencialidades e gargalos. **Cadernos de Agroecologia: in Anais do VI CLAA, X CBA e V SEMDF**, v. 13, n. 1, 2018.

LUNDGREN, B. O; RAIN TREE, J. B. Sustained Agroforestry. **Agricultural Research for Development: Potentials and challenges in Asia**, v. 1983, n. 3, p. 37–49, 1983.

MARTINI, A. J. **O plantador de eucaliptos: a questão da preservação florestal no Brasil e o resgate documental do legado de Edmundo Navarro de Andrade**. 2004. 320 f. Dissertação (Mestrado em História Social) - Faculdade de Filosofia, Letras e Ciências Humanas, Universidade de São Paulo, São Paulo, 2004.

MARTINS, E. G.; SHIMIZU, J. Y.; FERREIRA, C. A. Desempenho de procedências de grevilea em Quedas do Iguaçu, PR. **Boletim de Pesquisa Florestal**, Colombo, n. 40, p. 45-56, 2000.

MASSON, M. V.; Porcena, A. S.; Furtado, E. L. Escala diagramática para quantificação da severidade da ferrugem do eucalipto, confeccionada por imagem digital. No prelo.

MASSON, M. V. **Ferrugem do eucalipto: planejamento evasivo, estimativa de dano e análise da viabilidade do controle químico**. 167 f. Dissertação (Mestrado em Agronomia - Proteção de plantas), Universidade Estadual Paulista “Júlio de Mesquita Filho”, Faculdade de Ciências Agrônomicas. Botucatu, 2009.

MASSON, M. V. et al. Eficiência e viabilidade econômica do controle químico da ferrugem do eucalipto em condições de campo. **Summa Phytopathologica**, v. 37, n. 2, p. 107–112, 2011.

MATOS, F. S.; CARVALHO, D. D. C.; SOUZA, A. C.; NEVES, T. G.; RIBEIRO, R. P.; CRUVINEL, C. K. L.; ROSA, V. R.; SANTOS, P. G. F. Viabilidade agronômica do consórcio entre pinhão manso e soja. **Revista Agrarian**. v. 7, n. 24, p. 226-232, 2014.

MC TAGGART, A. R. et al. Rust (*Puccinia psidii*) recorded in Indonesia poses a threat to forests and forestry in South-East Asia. **Australasian Plant Pathology**, v. 45, n. 1, p. 83–89, 2016.

MEDEIROS, E.V.; NOTARO, K.D.; BARROS, J.A.; DUDA, G.P.; MORAES, M.D.; AMBROSIO, M.; NEGREIROS, A. M.; JÚNIOR, R.S.. Soils from intercropped fields have a higher capacity to suppress black root rot in cassava, caused by *Scytalidium lignicola*. **Journal of Phytopathology**. v. 167, ed. 4, p. 209-217, 2019. Disponível em: < <https://doi.org/10.1111/jph.12788>> Acesso em 04 Fev. 2020.

MICCOLIS, A; VIVIAN, J. L.; GONÇALVES, A. L. R.; MÉIER, M.; PORRO, R. Políticas

públicas e Sistemas Agroflorestais: lições aprendidas a partir de cinco estudos de caso no Brasil. In: PORRO, ROBERTO; MICCOLIS, A. (Ed.). **Políticas Públicas para o desenvolvimento Agroflorestal no Brasil**. Belém,PA (Brasil): ICRAF - World Agroforestry Centre, 2011. p. 80.

MILLNER, J. P.; KEMP, P.D.. Seasonal growth of Eucalyptus species in New Zealand hill country. **New Forests**. v.43, p. 31–44, 2012. DOI 10.1007/s11056-011-9264-x

MONTOYA, L. J.; MAZUCHOWSKI, J. Z. ESTADO DA ARTE DOS SISTEMAS AGROFLORESTAIS NA REGIÃO SUL DO BRASIL. In: **Congresso brasileiro sobre ecossistemas agroflorestais. 1., 1994, Porto Velho. Anais... Colombo: Embrapa-CNPQ, 1994. p.77-96. (Documentos, 27).**, p. 77–96, 1994.

MORA, A. L.; GARCIA, C. H. **A cultura do eucalpto no Brasil**, São Paulo- SBS, , 2000.

MORAES, W. B. et al. Mapeamento de áreas de risco para ocorrência da ferrugem do eucalipto no Espírito Santo e extremo sul da Bahia. **Summa Phytopathologica**, v. 40, n. 2, p. 147–155, 2014.

MOTTA, R. L. da; SAMBURGARO, R.; LARANJEIRO, A. J.; FURTADO, E. L. **Manual de campo para identificação das principais doenças do eucalipto no Brasil**. 1 ed. Piracicaba-SP: Equilíbrio Proteção Florestal, 2012.

MUSÁLEM, M. Á. Sistemas agrosilvopastoriles: una alternativa de desarrollo rural sustentable para el trópico mexicano. **Revista Chapingo : Serie Ciencias Forestales y del Ambiente**, v. 8, n. 2, p. 91–100, 2002.

NAIR, P. K. R. **An introduction to agroforestry**. Kluwer Academic Publishers, 499 p. 1993.

NAHSSEN, Maria Helena Cury. A crise agrária e alimentar dos tempos modernos. In RIGHI, C. A.; BERNARDES, M. S. (Org.). **Cadernos da Disciplina Sistemas Agroflorestais**. 1 ed. Piracicaba: Série Difusão, 2018, v 02, p. 27-48.

OLIVEIRA, N. L. et al. Desenvolvimento Sustentável e Sistemas Agroflorestais na Amazônia matogrossense. **Confins**, v. 10, n. 10, 17 nov. 2010.

OTÁROLA, A. Cercas vivas de madero negro: practica agroforestal para sitios con estacion seca marcada. **Agroforestería en las Américas**, v. 2, n. 5, p. 24–30, 1995.

PAYN, T. et al. Third International Congress on planted forests: Planted forests on the globe - renewable resources for the future. **New Zealand Journal of Forestry Science**, v. 44, n. Suppl 1, p. 1–2, 2014.

PAYN, T. et al. Changes in planted forests and future global implications. **Forest Ecology and Management**, v. 352, p. 57–67, 2015.

PAULA, R. C.; PAULA, N. F. Sistemas Agroflorestais. In: VALERI, S.V.; POLITANO, W. (Eds.). **Manejo e recuperação florestal**. Jaboticabal: Funep. 2003. 180p.

PEREIRA, Ana Carolina Machado et al.. Avaliação do componente arbóreo e forrageiro de

sistemas silvipastoris na mesorregião dos "campos das vertentes" de Minas Gerais. **Revista Brasileira de Agropecuária Sustentável**, v. 5, n.1, p. 66-77, Jul., 2015.

PIERI, Cristiane de. **Progresso da ferrugem (*puccinia psidii*) em monocultivo de *Eucalyptus grandis* x *Eucalyptus urophylla* e em plantios consorciados com *Acacia mangium***. 2016. 98 f. (Tese de Doutorado) – Faculdade de Ciências Agrônômicas, Universidade Estadual Paulista "Júlio de Mesquita Filho" Campus de Botucatu-SP.

PIERONI, L. de P.; PIERI, C.; FURTADO, E. L.; SILVA, R. B. Severidade de *Austropuccinia psidii* em epidemia aberta e inoculação controlada. **Re. C. E. F.** v. 34, n. 1, Dez. 2018.

PINHEIRO, Julia de Lima. Sistemas agroflorestais e a conectividade da paisagem. *In* RIGHI, C. A.; BERNARDES, M. S. (Org.). **Cadernos da Disciplina Sistemas Agroflorestais**. 1 ed. Piracicaba: Série Difusão, 2018, v 02, p. 145-156.

PIZETTA, M. et al. Estudos de três meios de cultura axênicos para a ferrugem das mirtáceas. **Summa Phytopathologica**, v. 42, n. 2, p. 165–169, 2016.

PRYOR, L. **Biology of Eucalyptus**. London: Edward Arnold, 1976.

PRETTY, J. Agricultural sustainability: Concepts, principles and evidence. **Philosophical Transactions of the Royal Society B: Biological Sciences**, v. 363, n. 1491, p. 447–465, 2008.

R Core Team (2019) R: A language and environment for statistical computing. R Foundation for Statistical Computing, Vienna, Austria. URL <https://www.R-project.org/>.

RIGHI, Ciro Abbud. A árvore. *In* RIGHI, C. A.; BERNARDES, M. S. (Org.). **Cadernos da Disciplina Sistemas Agroflorestais**. 1 ed. Piracicaba: Série Difusão, 2018, v 02, p. 7-10.

RIGHI, C.A.; COUDERC, V.; PEREIRA, C. R.; COUTO, H. T. Z.; SILVA, L. D. Effect of shade on biomass accumulation and partitioning for *Eucalyptus camaldulensis* sprouts. **Journal of Sustainable Forestry**, v. 35, p. 75-87, 2015. DOI: 10.1080/10549811.2015.1102072

RIGHI, C. A.; BERNARDES, M. S. Cadernos da Disciplina Sistemas Agroflorestais. *In*: RIGHI, C. A.; BERNARDES, M. S. (Eds.). **Cadernos da Disciplina Sistemas Agroflorestais**. Piracicaba-SP: Série Difusão, v. 1. p. 108, 2015. Disponível em: <http://www.esalq.usp.br/biblioteca/pdf/Cadernos-da-Disciplina-SAFs-2015.pdf> ISBN: 978-85-919095-0-6

ROLIM, N. P. F. A.; GONDRA, J. de A.; TOSCANO, I. A. S.; FURTADO, G. D.; GONÇALVES, A. F.. A Crise na Produção dos Alimentos e a Política Ambiental Brasileira: Uma Abordagem Multidisciplinar. **Gaia Scientia**, v. 8, n. 1, p. 80–89, 2014.

ROSSI, Ana Paula. **Ferrugem do eucalipto: análise temporal e quantificação de danos**. 2013. 40 f. Dissertação (Mestrado em Ciências Florestais) – Centro de Ciências Agrárias, Universidade Federal do Espírito Santo, Jerônimo Monteiro-ES, 2013.

ROSSI, M. **Mapa pedológico do Estado de São Paulo: revisado e ampliado**. São Paulo: Instituto Florestal, V.1. 118p. (inclui Mapas), 2017.

ROUX, J. et al. The Myrtle rust pathogen, *Puccinia psidii*, discovered in Africa. **IMA Fungus**, v. 4, n. 1, p. 155–159, 2013.

ROUX, J. et al. A unique genotype of the rust pathogen, *Puccinia psidii*, on Myrtaceae in South Africa. **Australasian Plant Pathology**, v. 45, n. 6, p. 645–652, 1 dez. 2016.

RUIZ, R.A.R.; ALFENAS, A.C.; FERREIRA, F.A.; VALE, F.X.R. Do. Influência da temperatura, do tempo de molhamento foliar, fotoperíodo e da intensidade de luz sobre a infecção de *Puccinia psidii* em eucalipto. **Fitopatologia Brasileira**, Brasília, v. 14, p. 55-61, 1989.

RUIZ, A. M. M. **Intensidade de sintomas de oídio em minijardim clonal de eucalipto sob diferentes ambientes de cultivo**. 2019. 94p. Dissertação (Mestrado em Ciência Florestal) Universidade Estadual Paulista (Unesp) - Faculdade de Ciências Agrônomicas, Botucatu, 2019.

SALGADO, B. G.. Progresso da ferrugem e da cercosporiose do cafeeiro consorciado com ingazeiro em Lavras-MG. **In: II Simpósio Brasileiro de Pesquisa dos Cafés do Brasil**, 2001, Vitória, 2001.

SALGADO, Bruno Grandi et al. Progresso da ferrugem e da cercosporiose do cafeeiro consorciado com grevêlea, com ingazeiro e a pleno sol em Lavras - MG. **Ciênc. agrotec.**, Lavras, v. 31, n. 4, p. 1067-1074, ago. 2007. Disponível em <http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1413-70542007000400019&lng=pt&nrm=iso>. Acesso em 23 jan. 2020.

SAMPAIO, Paulo de Tarso B. et al. Avaliação rebrota da copa das árvores de pau-rosa (*Aniba rosaeodora* Ducke) em sistema de podas sucessivas. **Acta Amaz.**, Manaus, v. 37, n. 1, p. 55-60, 2007. Disponível em: <http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0044-59672007000100006&lng=en&nrm=iso>. Acesso em 07 Mai 2020.

SANTORA, E. PENTEADO, J. F. JÚNIOR, GOULART, I. C. G. R. **Transferência de Tecnologia Florestal - Cultivo de eucalipto em propriedades rurais: diversificação da produção e renda**. 1. ed. Brasília, DF: Embrapa, 2014.

SANTOS, Carlos André Gaspar dos. **Estudos epidemiológicos da ferrugem do eucalipto causado por *Puccinia psidii* em plantios irrigados**. 2006. vii, 66 f. Dissertação (mestrado) – Faculdade de Ciências Agrônomicas, Universidade Estadual Paulista, 2006. Disponível em: <<http://hdl.handle.net/11449/97195>>. Acesso em: 04 Jan. 2019.

SANTOS, N. F.; MING, L. C.; AVILA, P. C.; BACCHIM, G. T.; FURTADO, E. L. Progresso da ferrugem do cafeeiro em sistema agroflorestal e monocultivo. **In: XXIV Congresso de Iniciação Científica da Unesp, 2012**. (Apresentação de Trabalho/Congresso).

SCHEMBERGUE, A.; CUNHA, DÊNIS ANTÔNIO DA; SABRINA DE MATOS, CARLOS; MARCEL VIANA, P. Sistemas Agroflorestais como Estratégia de Adaptação aos Desafios das Mudanças Climáticas no Brasil. **RESR**, v. 55, n. 01, p. 09–30, 2017.

SCHULER, H. R. **Evidências científicas do desenvolvimento de sistemas agroflorestais agroecológicos no Brasil**. 133p. Dissertação (Mestrado em Agroecossistemas) Universidade Federal de Santa Catarina, 2018.

SHANER, G.; FINNEY, R. E. Effect of nitrogen-fertilization on expression of slow-mildewing resistance in knox wheat. **Phytopathology**, v.67, n.8, p.1051-1056, 1977. <https://doi.org/10.1094/Phyto-67-1051>.

SILVA, Diene Elen Miranda da; AZEVEDO, Luís Antônio Siqueira de; POLTRONIERI, Tathianne Pastana de Souza. Avaliação da resistência de espécies de eucalipto à ferrugem (*Puccinia psidii* Winter). **Summa phytopathol.**, Botucatu, v. 40, n. 1, p. 54-62, Mar. 2014. Disponível em <http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0100-54052014000100008&lng=en&nrm=iso>. Acesso em 13 Mai. 2020.

SILVA, F. J. A.; MICHEREFF, S. J. Quantificação de Fitobacterioses. In: GAMA, M. A. S.; NICOLI, A.; GUIMARÃES, L. M. P.; LOPES, U. P.; MICHEREFF, S. J.. (ORG.). **Estado da arte em fitobacterioses tropicais**. 1. ed. Recife: Editora Universitária da UFRPE, 2016. p. 83-106.

SILVA, P. H. M.; MIRANDA, A. C.; MORAES, M. L. T.; STAPE, J. L.; ALVARES, C. A.; CENTELHAS, P. C.; MORI, E. S.; SEBBENN, A. M.; E.L. Furtado. Selecting for rust (*Puccinia psidii*) reistance in *Euclyptus grandis* in São Paulo state, Brazil. **Forest Ecology and Management**, v. 303, p. 91-97, 2013.

SIVIERO, A.; ROWEDER, R.; MACEDO, P. E. F.; GOMES, N. S. B.; OLIVEIRA, L.C.; OLIVEIRA, T.K. Doenças em Plantios Jovens de Eucalipto em Sistemas Agroflorestais no Acre. In: Congresso Brasileiro de Sistemas Agroflorestais, 2016. **Anais do Congresso Brasileiro de Sistemas Agroflorestais**, 10. Cuiabá: SBSAF. v. 1. p. 56-64. Disponível em: <<https://ainfo.cnptia.embrapa.br/digital/bitstream/item/149532/1/26183.pdf>> Acesso em 11 Mai. 2020.

SIVIERO, A.; ROWEDER, R.; MACEDO, P. E. F.; FURTADO, E. L.. Doenças em eucalipto no Acre. Rio Branco: Embrapa, 2019 (Documentos, 78).

SMITH, V. H.; MCBRIDE, R. C.; SHURIN, J. B.; BEVER, J. D.; CREWS, T. E.; TILMAN, G. D. Crop diversification can contribute to disease risk control in sustainable biofuels production. **Frontiers in Ecology and the Environment**., v. 13, n. 10, p. 561-567, 2015. <http://www.esajournals-org.ez31.periodicos.capes.gov.br/doi/pdf/10.1890/150094> doi: 10.1890/150094.

SOMARRIBA, E. Revisiting the past: an essay on agroforestry definition. **Agroforestry Systems**, v. 19, n. 3, p. 233–240, 1992.

SOUZA, G. P.; CANDIDO, A. O.; SOUZA, Antonio Fernando de; JESUS JUNIOR, W. C. Influência do sombreamento na incidência de ferrugem sobre o café conilon na região sul capixaba. In: **XIII Encontro Latino Americano de Iniciação Científica e IX Encontro Latino Americano de Pós-Graduação, 2009**. XIII Encontro Latino Americano de Iniciação Científica e IX Encontro Latino Americano de Pós-Graduação, 2009

STEENBOCK, WALTER; SILVA, RODRIGO OZELAME DA; FROUFE, LUIS CLAUDIO

MARANHÃO; SEOANE, C. E. . Agrofloresta e Sistemas Agroflorestais no Esoaço e no Tempo. In: STEENBOCK, WALTER; COSTA E SILVA, LETÍCIA DA; SILVA, RODRIGO OZELAME DA; RODRIGUES, ALMIR SANDRO; PEREZ-CASSARINO, JULIAN; FONINI, R. (Ed.). . **Agrofloresta, Ecologia e Sociedade**. Curitiba - PR: Kairós, 2013. p. 422.

STUEPP, C. A.; BITENCOURT, J. de; WENDLING, I.; KOEHLER, H. S.; ZUFFELLATO-RIBAS, K. C.. Indução de brotações epicórmicas por meio de anelamento e decepa em erva-mate. **Ciência Florestal**, Santa Maria, v. 26, n. 3, p. 1009-1022, jul.-set., 2016.

TAKAHASHI, S. S. **Ferrugem do eucalipto: índice de infecção, análise temporal e estimativas de danos relacionadas à intensidade da doença no campo**. 2002. Dissertação (Mestrado em Agronomia) – Faculdade de Ciências Agronômicas, Universidade Estadual Paulista “Júlio de Mesquita Filho”, Botucatu-SP, 2002.

TOMAZ, G. A.; WANDER, A. E. Barreiras à adoção do sistema ILPF em Goiás. **Revista de Política Agrícola**, n. 1, p. 93–100, 2017.

TOOKER, J. F.; FRANK, S. D.; Genotypically diverse cultivar mixtures for insect pest management and increased crop yields. **Journal of Applied Ecology**. v. 49, n. 5, p. 974-985, 2012. doi: 10.1111/j.1365-2664.2012.02173.x

UCHIDA, J.; ZHONG, S.; KILLGORE, E. First Report of a Rust Disease on Ohia Caused by *Puccinia psidii* in Hawaii. **Plant Disease**, v. 90, n. 4, p. 524–524, 2006.

UNITED NATIONS, Department of Economic and Social Affairs, Population Division (2019). **World Population Prospects 2019: Highlights (ST/ESA/SER.A/423)**. Disponível em: < https://population.un.org/wpp/Publications/Files/WPP2019_Highlights.pdf > acesso em 13 Fev. 2020.

VALE, F. X. R. do; ZAMBOLIM, L.; COSTA, L. C.; LIBERATO, J. R.; DIAS, A. P. S. Influência do clima no desenvolvimento de doenças de plantas. In: Vale, F. X. R. do; Jesus Junior, W. C. de; Zambolim, L. (Ed.) **Epidemiologia aplicada ao manejo de doenças de plantas**. Belo HoriZonte: Editora Perfil, 2004, cap. 2, p. 47-87.

VALLADARES, Fernando & NIINEMETS, Uelo. Shade Tolerance, a Key Plant Feature of Complex Nature and Consequences. **Annual Review of Ecology, Evolution, and Systematics**. V. 39, p. 237-257, Dez. 2008. Disponível em: <https://doi.org/10.1146/annurev.ecolsys.39.110707.173506>. Acesso em 10 Mai. 2020.

VALLADARES, Fernando. Light Heterogeneity and Plants: from Ecophysiology to Species coexistence and biodiversity. In: Esser K., Lüttge U., Beyschlag W., Hellwig F. (eds) **Progress in Botany**. Progress in Botany, **Springer, Berlin, Heidelberg**. v. 64, 2003. https://doi.org/10.1007/978-3-642-55819-1_17.

VALVERDE, S. R.; SOARES, N. S. ; SILVA, M. L. ; JACOVINE, L. A. G. ; NEIVA, S. A. O comportamento do mercado da madeira de Eucalipto no Brasil. **Biomassa & Energia** (Viçosa), v. 1, p. 19, 2004.

VELASCO, G. D. N. **Arborização viária x sistema de distribuição de energia elétrica: avaliação dos custos, estudo das podas e levantamento de problemas fitotécnicos**. 2003. 94p. Dissertação (Mestrado) – Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz”, Universidade de São Paulo, Piracicaba, 2003.

VILAS BOAS, O. Uma Breve Descrição dos Sistemas Agroflorestais na América Latina. **IF. Série Registros São Paulo**, v. 8, p. 1–16, 1991.

VILLAGARAY, S. M.; BAUTISTA INGA, E. Sistemas agroforestales con tecnología limpia en los suelos del VRAEM, Perú. **Acta Nova**, v. 5, n. 2, p. 289–311, 2011.

WWF - WORLD WIDE FUND FOR NATURE. Planeta Vivo Relatório 2016. **Wwf**, p. 35, 2016.

YARED, J. A. G.; JUNIOR, S. B.; MARQUES, L. C. T. Agrossilvicultura: conceitos, classificação e oportunidades para aplicação na Amazônia brasileira. (**Embrapa-CPA TU. Documentos, 104**), v. 104, p. 39, 1998.

YONG, W. T. L.; ADES, P. K.; GOODGER, J. Q. D.; BOSSINGER, G.; RUNA, F. A.; SANDHU, K. S.; TIBBITS, J. F.G. Using essential oil composition to discriminate between myrtle rust phenotypes in *Eucalyptus globulus* and *Eucalyptus obliqua*. **Industrial Crops & Products**, v. 140, 2019.

XU, W; WANG, Z.; WU, F. Companion cropping with wheat increases resistance to Fusarium wilt in watermelon and the roles of root exudates in watermelon root growth. **Physiol Mol Plant Pathol**. v. 90, p. 12-20, 2015.
Disponível em: <https://doi.org/10.1016/j.pmp.2015.02.003>, acesso em: 06 Fev. 2020.

ZAMBOLIM, L.; JESUS JUNIOR, W.C. de; PEREIRA, O.L. (2012). **O essencial da Fitopatologia / Agentes causais**. v.1. Viçosa, MG, UFV, 364p

ZAMBOLIM, L.; JESUS JUNIOR, W. C. Efeitos de doenças nas funções fisiológicas das plantas: classificação das doenças infecciosas. In: ZAMBOLIM, L.; JESUS JUNIOR, W. C.; PEREIRA, O. L. **O Essencial da Fitopatologia**. Viçosa: UFV, DEF, v. 01, 2012, 73-108p.

ZAUZA, E. Â. V. **Epidemiologia da ferrugem do eucalipto e resistência genética**. 2007. 67p. Tese (Doutorado em Agronomia). Universidade Federal de Viçosa, 2007.