

UNIVERSIDADE ESTADUAL PAULISTA JÚLIO DE MESQUITA FILHO
FACULDADE DE CIÊNCIAS AGRONÔMICAS
CÂMPUS DE BOTUCATU

**FERRUGEM DO EUCALIPTO: FAVORABILIDADE CLIMÁTICA E
MÉTODOS DE APLICAÇÃO DE FUNGICIDA PARA CONTROLE**

WILLIAN BUCKER MORAES

Tese apresentada à Faculdade de Ciências
Agronômicas da UNESP - Câmpus de
Botucatu, para obtenção do título de Doutor
em Agronomia (Proteção de Plantas).

BOTUCATU - SP

Novembro – 2013

UNIVERSIDADE ESTADUAL PAULISTA JÚLIO DE MESQUITA FILHO
FACULDADE DE CIÊNCIAS AGRONÔMICAS
CÂMPUS DE BOTUCATU

**FERRUGEM DO EUCALIPTO: FAVORABILIDADE CLIMÁTICA E
MÉTODOS DE APLICAÇÃO DE FUNGICIDA PARA CONTROLE**

WILLIAN BUCKER MORAES

Orientador: Prof. Dr. Edson Luiz Furtado

Tese apresentada à Faculdade de Ciências
Agronômicas da UNESP - Câmpus de
Botucatu, para obtenção do título de Doutor
em Agronomia (Proteção de Plantas).

BOTUCATU – SP

Novembro – 2013

FICHA CATALOGRÁFICA ELABORADA PELA SEÇÃO TÉCNICA DE AQUISIÇÃO E TRATAMENTO DA INFORMAÇÃO - SERVIÇO TÉCNICO DE BIBLIOTECA E DOCUMENTAÇÃO - UNESP - FCA - LAGEADO - BOTUCATU (SP)

M827f Moraes, Willian Bucker, 1985-
Ferrugem do eucalipto: favorabilidade climática e métodos de aplicação de fungicida para controle/ Willian Bucker Moraes. - Botucatu : [s.n.], 2013
xi, 71 f. : ils. color., grafs., tabs., fots. color.

Tese (Doutorado) - Universidade Estadual Paulista, Faculdade de Ciências Agrônômicas, Botucatu, 2013
Orientador: Edson Luiz Furtado
Inclui bibliografia

1. Eucalipto - Doenças e pragas. 2. Fungos da ferrugem - Controle. 3. Fungicidas - Aplicação. 4. Viabilidade econômica. I. Furtado, Edson Luiz. II. Universidade Estadual Paulista "Júlio de Mesquita Filho" (Campus de Botucatu). Faculdade de Ciências Agrônômicas. III. Título.

UNIVERSIDADE ESTADUAL PAULISTA "JÚLIO DE MESQUITA FILHO"
FACULDADE DE CIÊNCIAS AGRONÔMICAS
CAMPUS DE BOTUCATU
CERTIFICADO DE APROVAÇÃO

TÍTULO: "FERRUGEM DO EUCALIPTO: FAVORABILIDADE CLIMÁTICA E
MÉTODOS DE APLICADA DE FUNGICIDA PARA CONTROLE"

ALUNO: WILLIAN BUCKER MORAES

ORIENTADOR: PROF. DR. EDSON LUIZ FURTADO

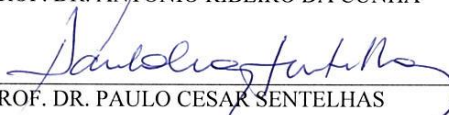
Aprovado pela Comissão Examinadora



PROF. DR. EDSON LUIZ FURTADO



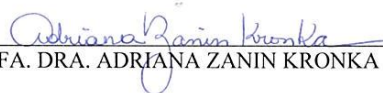
PROF. DR. ANTONIO RIBEIRO DA CUNHA



PROF. DR. PAULO CESAR SENTELHAS



PROF. DR. CLAYTON ALCARDE ALVARES



PROFA. DRA. ADRIANA ZANIN KRONKA

Data da Realização: 22 de novembro de 2013.

BIOGRAFIA

Willian Bucker Moraes, filho de Antonio José Moraes e NelinaBucker Moraes, nasceu em 02 de janeiro de 1985, na Cidade de Alegre, Estado do Espírito Santo.

Passou sua infância no distrito de Itaici, município de Muniz Freire - ES, onde concluiu o ensino fundamental na Escola Sebastião Costa, saindo em 2000 para continuar os estudos.

Em dezembro de 2002, concluiu o ensino médio e o curso técnico em agropecuária na Escola Agrotécnica Federal de Alegre – ES.

Em maio de 2003, ingressou no curso de Agronomia da Universidade Federal do Espírito Santo, vindo a se graduar em agosto de 2007, recebendo o título de Engenheiro Agrônomo.

Em agosto de 2007, ingressou no Programa de Pós-Graduação ao nível de Mestrado em Produção Vegetal, do Centro de Ciências Agrárias da Universidade Federal do Espírito Santo (CCA – UFES/Alegre - ES), submetendo-se à defesa de dissertação em julho do ano de 2009.

Em março de 2010, ingressou no Programa de Pós-Graduação ao nível de Doutorado em Proteção de Plantas, da Faculdade de Ciências Agrônomicas da Universidade Estadual Paulista “Julio de Mesquita Filho”, campus de Botucatu/SP, submetendo-se à defesa de tese em novembro do ano de 2013

DEDICO

A Deus, por me dar ombros fortes para superar os desafios.

Aos meus Pais Antonio e Nelina.

Aos meus Irmãos Wanderson e Wallisson.

A minha amada esposa Simone

Ao Professor Edson Luiz Furtado pela amizade, por sua contribuição na minha formação profissional, pessoal e por ser um exemplo de conhecimento e humildade. Tendo sempre, minha gratidão, admiração e respeito.

"A mente que se abre a uma nova idéia, jamais voltará ao seu tamanho original."

(Albert Einstein)

AGRADECIMENTOS

A Deus, por guiar sempre os meus caminhos e me colocar diante de pessoas tão especiais.

Aos meus pais Antonio José Moraes e Nelina Bucker Moraes, aos meus irmãos Wanderson Bucker Moraes e Wallisson Bucker Moraes, por toda dedicação, apoio, paciência, compreensão e esforço, que possibilitou essa importante conquista e muitas mais que estão por vir. Tenho orgulho de fazer parte desta família.

Ao grande amor da minha vida, que sempre me incentivou e apoiou para que cada sonho se tornasse realidade, minha amada esposa Simone de Paiva Caetano Bucker Moraes, por toda compreensão, paciência, carinho e amor. E por estar sempre presente em todos os momentos de minha vida.

À minha sogra Francisca Rodrigues de Paiva, ao meu sogro Adão Pires Caetano e minha cunhadinha Ana Luiza, pelos anos de convivência e por todo incentivo que me deram.

Aos meus tios, tias, primos e primas que torceram pela minha conquista.

Ao Prof. Dr. Edson Luiz Furtado e sua esposa Alba, por todas as oportunidades, amizade e confiança.

Ao Prof. Dr. Waldir Cintra de Jesus Junior e sua esposa Sônia, pela amizade, conselhos e ensinamentos desde a época de graduação.

Ao pesquisador Dr. Clayton Alcarde Alvares pelo apoio no desenvolvimento dos trabalhos e participação da banca.

Ao Prof. Dr. Paulo Cesar Sentelhas e a Profa. Dra. Adriana Zanin Kronka pela participação na banca e sugestões para melhoria do trabalho.

A Faculdade de Ciências Agrônomicas de Botucatu/SP e ao Programa de Pós-Graduação em Proteção de Plantas da Universidade Estadual Paulista “Julio de Mesquita Filho”, por me proporcionar a oportunidade de ingresso ao curso de doutorado.

À Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (CAPES), pela concessão da bolsa de estudos.

As empresas e instituições que contribuíram para o desenvolvimento deste trabalho: Silvicontrol, Syngenta, Duratex, CMPC, Klabin, Eldorado, V&M, Copener e IPEF.

À Faculdade de Agronomia e Engenharia florestal de Garça (FAEF) e a Faculdades Integradas de Bauru (FIB), por me possibilitar o exercício da docência.

Aos colegas professores, coordenadores, diretores e funcionários da FAEF e FIB, pela convivência e incentivo.

Aos colegas de proteção florestal Marcus Vinícius Masson, Tulio Teodoro, Rogério Duarte, Mariane Camargo, Norton Borges Junior, Jonas Salvador, Bianca Vique e José Neto, pela contribuição e disponibilização dos dados de ocorrência da ferrugem em suas respectivas empresas.

Ao meu amigo Alexandre Coutinho Vianna Lima e sua esposa Patrícia, pela amizade, companheirismo e palavras de ânimo.

Ao Prof. Dr. Carlos Frederico Wilcken e sua esposa Silvia Renata, pela amizade, companheirismo e palavras de ânimo.

Aos funcionários e estagiários da Silvicontrol: Julia, Eduardo, Luciana, Lígia, Vitor, Rodrigo, Jéssica e Danielle.

À dona Fanny, Sr. Waldir, Tanea, Tatiana e Guilherme por terem me acolhido em Botucatu, pelo incentivo e carinho.

Aos amigos de longa data, que mesmo longe permanecemos juntos, por toda amizade e palavras de ânimo: Samuel de Assis Silva, Gustavo Soares de Souza, Fernando Carrara Cosmi e Leonardo Nazário da Silva Santos.

Aos amigos de república que se tornaram irmãos: Diego Cunha Zied, Wylson Zancanella Quaterzani, Haroldo Hantunes Chagas.

Aos amigos de pós-graduação: Renato, Ana Carolina, Cristiane, Marília, Caroline, Martha, Juliana, Cassiano, Rodrigo, João, Junia, Tadeu, Djanira, Juan, Tatiana, Mônica, Marcelo, Renata pela amizade e convivência durante essa fase da minha vida;

Às funcionárias da seção de pós-graduação, em especial a Taynan Ribeiro Moraes da Silva, por toda compreensão e auxílio.

A todos que torceram e acreditaram no meu sucesso, muito obrigado.

SUMÁRIO

	Páginas
LISTA DE TABELAS	XI
LISTA DE FIGURAS	XII
RESUMO	1
SUMMARY	3
1-INTRODUÇÃO GERAL	5
2-REFERÊNCIAS	8
CAPÍTULO 1	12
FAVORABILIDADE CLIMÁTICA PARA OCORRÊNCIA DA FERRUGEM DO EUCALIPTO NO BRASIL	12
RESUMO	13
SUMMARY	15
1-INTRODUÇÃO.....	17
2- MATERIAL E MÉTODOS	20
2.1-Obtenção dos mapas de temperatura e duração do período de molhamento foliar	20
2.2- Elaboração do zoneamento de favorabilidade climática	21
2.3- Validação do zoneamento de favorabilidade climática.....	23
3- RESULTADOS	25
4- DISCUSSÃO.....	35
5- CONCLUSÕES.....	38
6- REFERÊNCIAS	39
CAPÍTULO 2	44
MÉTODOS DE APLICAÇÃO DE FUNGICIDA NO CONTROLE DA FERRUGEM DO EUCALIPTO EM CAMPO.....	44
RESUMO	45
SUMMARY	47
1-INTRODUÇÃO.....	49

2-MATERIAL E MÉTODOS	51
2.1- Avaliação dos métodos de aplicação	51
2.2-Desenvolvimento das plantas	53
2.3- Viabilidade econômica dos métodos de aplicação	55
3-RESULTADOS	56
4-DISSCUSSÃO.....	62
5- CONCLUSÕES.....	66
6- REFERÊNCIAS	67

LISTA DE TABELAS

Páginas

CAPÍTULO 1

FAVORABILIDADE CLIMÁTICA PARA OCORRÊNCIA DA FERRUGEM DO EUCALIPTO NO BRASIL

Tabela 1- Porcentagem das áreas de índice de favorabilidade climática de ocorrência da ferrugem do eucalipto, para cada estado na primavera (setembro a novembro).....25

Tabela 2- Porcentagem das áreas de índice de favorabilidade climática de ocorrência da ferrugem do eucalipto, para cada estado no período do verão (dezembro a fevereiro).....27

Tabela 3- Porcentagem das áreas de índice de favorabilidade climática de ocorrência da ferrugem do eucalipto, para cada estado no período do outono (março a maio).....28

Tabela 4- Porcentagem das áreas de índice de favorabilidade climática de ocorrência da ferrugem do eucalipto, para cada estado no período do Inverno (junho e agosto).....29

Tabela 5- Porcentagem das áreas de índice de favorabilidade climática de ocorrência da ferrugem do eucalipto, para cada esta.....29

Tabela 6- Localização dos pontos de teste, espécies plantadas, intensidade de ferrugem, características meteorológicas e climáticas e índice de favorabilidade climática.....33

CAPÍTULO 2

MÉTODOS DE APLICAÇÃO DE FUNGICIDA NO CONTROLE DA FERRUGEM DO EUCALIPTO EM CAMPO

Tabela 1- Descrição dos tratamentos, ingrediente ativo, concentração, tipo de formulação, dosagem (produto comercial) e forma de aplicação utilizada para avaliação da eficiência dos métodos de aplicação de fungicida no controle da ferrugem do eucalipto em campo. Itatinga-SP, 2011.....52

Tabela 2- Data das avaliações da eficiência métodos de aplicação de fungicida no controle da ferrugem do eucalipto em campo. Itatinga-SP, 24/02/2011 à 08/04/2011.....53

Tabela 3- Severidade média da ferrugem do eucalipto em porcentagem, sem aplicação e após a aplicação de fungicida, em condições de campo. Itatinga-SP, 2011.....56

Tabela 4- Média da produtividade total, produtividade por ano e porcentagem do aumento de produtividade, das áreas com diferentes métodos de aplicação no controle da ferrugem do eucalipto em campo. Itatinga-SP, 2013.....61

Tabela 5 - Viabilidade econômica dos métodos de aplicação, ganho de produtividade e ganho líquido no controle da ferrugem do eucalipto em campo. Itatinga-SP, 2013.....61

LISTA DE FIGURAS

Páginas

CAPÍTULO 1

FAVORABILIDADE CLIMÁTICA PARA OCORRÊNCIA DA FERRUGEM DO EUCALIPTO NO BRASIL

Figura 1- Temperatura média do ar normal (TM), para o Brasil em diferentes estação do ano e valor anual. Fonte: Alvares et al. (2013a).....21

Figura 2-Duração média diária de molhamento foliar (DMF), para o Brasil em diferentes estação do ano e valor anual. Fonte: Alvares et al. (2013b).....22

Figura 3-Localização dos pontos de teste do zoneamento de áreas de favorabilidade climática para ferrugem do eucalipto.....24

Figura 4-Zoneamento de áreas de favorabilidade climática para ferrugem do eucalipto no Brasil.....31

CAPÍTULO 2

MÉTODOS DE APLICAÇÃO DE FUNGICIDA NO CONTROLE DA FERRUGEM DO EUCALIPTO EM CAMPO

Figura 1- Valores obtidos pela fórmula de Eficiência Relativa (%) para diferentes métodos de aplicação de fungicida no controle da ferrugem do eucalipto em campo. Itatinga-SP, 2011.....57

Figura 2- Deposição de gotas no controle da ferrugem do eucalipto para pulverização com costal (manual). Itatinga-SP, 2011.....58

Figura 3- Deposição de gotas no controle da ferrugem do eucalipto para pulverização com canhão (tratorizada). Itatinga-SP, 2011.....58

Figura 4– Deposição de gotas no controle da ferrugem do eucalipto para pulverização aérea. Itatinga-SP, 2011.....59

Figura 5- Curvas de progresso da ferrugem do eucalipto expresso em porcentagem de área foliar lesionada em função do tempo, para os diferentes métodos de aplicação de fungicidas, em condições de campo. Itatinga-SP, 2011.....60

Figura 6- Valores obtidos pela fórmula da Área Abaixo da Curva de Doença (AACPD) no controle da ferrugem do eucalipto em campo, com diferentes métodos de controle. Itatinga-SP, 2011. CV (%): 24,10.....60

RESUMO

A ferrugem, causada pelo fungo *Pucciniaapsidii* Winter, é uma das doenças mais importantes para a eucaliptocultura. O patógeno causa doença em minijardim clonal e em plantas novas no campo, principalmente em folhas e em brotações jovens. As condições climáticas favoráveis para infecção deste patógeno em eucalipto incluem temperatura entre 18 a 25 °C, com períodos de pelo menos 6 horas de molhamento foliar, por 5 a 7 dias consecutivos. Considerando a interação entre ambiente e patógeno, e a avaliação de métodos de aplicação de fungicidas no controle da ferrugem do eucalipto, o presente trabalho teve como objetivos: (i) avaliar a dinâmica espaço-temporal da ferrugem do eucalipto, possibilitando escolhas de regiões, época de plantio e condução de rebrota com baixo favorabilidade climática de ocorrência da doença; (ii) selecionar adequadamente as áreas para a distribuição dos clones (materiais genéticos), considerando o nível de resistência dos mesmos; (iii) testar o modelo de índice de infecção para o zoneamento de favorabilidade climática e (iv) avaliar três métodos de aplicação de fungicida no controle da ferrugem do eucalipto e sua viabilidade econômica. Em relação à distribuição temporal da doença, a estação do ano com maior área favorável foi o outono com 92,90 % de áreas com índice de favorabilidade climática (IF) maior que 70%. Quanto à distribuição espacial para o Brasil, as regiões norte, centro-oeste e sudeste apresentaram grandes áreas com IF acima de 70%, ao longo de todo o ano. A região sul no período de outono e inverno, possui grande parte de seu território com o IF de 0% a 60%. No nordeste, existe uma maior área com IF abaixo de 60%, principalmente ao que

corresponde o sertão nordestino. O sistema de previsão foi preciso na estimação do favorabilidade climática, pois corrobora com as informações de campo. O Zoneamento de favorabilidade climática mostrou-se uma ferramenta útil para o planejamento do manejo da ferrugem do eucalipto, sendo testado com as avaliações de campo. Foi possível verificar a sazonalidade na distribuição espaço-temporal da ferrugem do eucalipto, classificando regiões e épocas do ano mais ou menos favoráveis. Todos os métodos de aplicação apresentaram níveis satisfatórios de controle para ferrugem do eucalipto, com Eficiência Relativa (ER) acima de 80% em todas as avaliações. A aplicação com pulverizador costal (manual) apresentou a melhor deposição de gotas com cobertura média de 289 gotas/cm², seguido dos tratamentos canhão (tratorizado) e aéreo com 157 e 73 gotas/cm², respectivamente. Houve diferença significativa para o incremento de produtividade entre a testemunha e os tratamentos, sendo a diferença entre eles de 68,21; 76,19 e 67,27 m³/ha, para os métodos de aplicação costal, canhão e aéreo, respectivamente. O uso de fungicida, bem como de todos os métodos de aplicação, apresentou viabilidade econômica para o controle da ferrugem do eucalipto.

Palavras-chave: Zoneamento, *Puccinia psidii*, *Eucalyptus*, planejamento evasivo, sistema de previsão, controle químico, viabilidade econômica, danos, perdas.

EUCALYPTUS RUST: RISK AREAS AND METHODS OF FUNGICIDE APPLICATION IN THE FIELD CONTROL. Botucatu, 2013. 71p. Tese (Doutorado em Agronomia/Proteção de Plantas) –Faculdade de Ciências Agrônômicas, Universidade Estadual Paulista.

Author: WILLIAN BUCKER MORAES

Adviser: EDSON LUIZ FURTADO

SUMMARY

The rust, caused by the fungus *Pucciniaapsidii* Winter, is one of the most important diseases of eucalyptus culture. The pathogen causes the disease in clonal mini gardens and in young plants in the field, mainly in leaves and in young shoots. Favorable climatic conditions for infection of this pathogen in Eucalyptus include temperatures between 18 to 25° C, with periods of at least 6 hours of leaf wetness, for 5-7 consecutive days. Considering the interaction between the environment and the pathogen, and the evaluation of fungicide application methods to control eucalyptus rust, our goals in this work were: (i) evaluate the spatiotemporal dynamics of eucalyptus rust, enabling choices of geographic areas, time of planting and regrowth conditions with low risk of disease occurrence; (ii) select the right areas for clones distribution (genetic material), considering their resistance level; (iii) validate the zoning model of the climatic favorability areas and, (iv) evaluate three fungicide application methods in the eucalyptus rust control and the economic viability. Regarding the disease temporal distribution, the season with more favorable areas was autumn with 92,90% of areas with a climatic favorability index (FI) greater than 70%.

Regarding the Brazil spatial distribution, the North region, Midwest, southeast showed big areas with FI greater than 70%, throughout the year. The south region has greater part of its territory with FI between 0 to 60% in the autumn and in the winter. In the Northeast there is a bigger area with RI below 60%, mainly in the northeastern backlands. The forecasting system was accurate in the risk estimation, because it agrees with field information. The zoning of risk areas showed to be a useful tool for the eucalyptus rust management, being validated with field evaluations. It was possible to check the seasonality in the spatiotemporal distribution of the eucalyptus rust, classifying the regions and seasons more or less favorable. All application methods showed satisfactory eucalyptus rust control levels, with Relative Efficiency (RE) above 80% in all evaluations. The application with costal sprayer (manual) showed the best drops deposition with average coverage of 289 droplets / cm², followed by the treatments cannon (trailed) and aerial with 157 and 73 droplets / cm². There was significant difference for the yield increase between the control treatment and, the others treatments, being the relation between them 68,21; 76,19; 67,27; m³/ha, for the applications methods costal, cannon and aerial, respectively. The fungicide use and all application methods showed economic viability to eucalyptus rust control.

Key-words: Zoning, *Pucciniaapsidii*, *Eucalyptus*, evasive planning, forecasting systems, chemical control, economic viability, damages, loss

1-INTRODUÇÃO GERAL

A cultura do eucalipto apresentou um aumento de 36,20% de área plantada comparando o ano de 2006 com o ano de 2012, totalizando 5,1 milhões de hectares. Em função das condições edafo-climáticas e do nível tecnológico adotado, o setor florestal brasileiro é um dos mais competitivos do mundo (ABRAF, 2013).

As áreas de produção de eucalipto no Brasil estão se expandindo para diversas regiões, alterando o cenário da distribuição dos plantios. Em 2008, os principais estados produtores eram Minas Gerais, Bahia, São Paulo, Rio Grande do Sul e Espírito Santo (ABRAF, 2009), já em 2012, os principais produtores foram Minas Gerais, São Paulo, Bahia, Mato Grosso do Sul e Rio Grande do Sul (ABRAF, 2013). Com destaque para estados do Mato Grosso do Sul e Tocantins, que tiveram os maiores percentuais de crescimento de áreas plantadas no ano de 2012, com 19% e 39,9% respectivamente, e para os estados do nordeste como Maranhão e Piauí, que são considerados como novas fronteiras agroflorestais (ABRAF, 2013).

A ferrugem do eucalipto, também conhecida como ferrugem das mirtáceas, causada pelo fungo *Puccinia psidii* Winter, é considerada uma das mais importantes doenças da cultura, principalmente pela sua influência no manejo, ocorrendo em plantios de até dois anos de idade, e o nível de dano que pode chegar a 50% (TAKAHASHI, 2002; SANTOS, 2006; MASSON, 2009; FURTADO et al., 2009; MORAES et al., 2012b). A predominância de temperaturas do ar, variando entre 18 e

25 °C, associada a períodos com molhamento foliar superiores a 6 horas por 5 a 7 dias consecutivos, bem como a existência de órgãos juvenis, incluindo folhas novas e terminais de crescimento, favorece as infecções pelo patógeno (RUIZ et al., 1989). Além do eucalipto, o patógeno também causa doença em várias outras espécies, pertencentes às famílias *Myrtaceae* e *Heteropixidaceae* (COUTINHO et al., 1998; FURTADO; MARINO, 2002; ALFENAS et al., 2005; GLEN et al., 2007). Este patógeno é originado da América do Sul e central, havendo relatos de sua ocorrência no México, Florida, Hawaii, Japão (COUTINHO et al., 1998; BOOTH et al., 2000; KILLGORE; HEU, 2005; KAWANISHI et al., 2009) e de uma espécie denominada *Puccinia psidii* Sensu Lato na Austrália (KRITICOS et al., 2013).

No caso de doenças de plantas, os mapas de zonas de risco, acoplados aos modelos de simulação, podem ser úteis para indicar áreas geográficas ou até mesmo, épocas do ano mais favoráveis à ocorrência de epidemias (LOPES et al., 2008). O uso do Sistema de Informações Geográficas (SIG) permite realizar análises complexas ao integrar informações de diversas fontes e criar bancos de dados georreferenciados. O geoprocessamento, atividade central do SIG, permite estudar mudanças em processos e suas interações, nas dimensões espaço-temporal, e criar documentos cartográficos de alta qualidade, com incertezas estimadas e possibilidade de estabelecer níveis de confiança (HARMON; ANDERSON, 2003).

O controle químico da ferrugem do eucalipto, principalmente com o uso de triazóis e estrobilurinas é uma ferramenta útil para o manejo da doença, uma vez que, pode possibilitar a utilização de clones altamente produtivos, porém suscetíveis a doença, tanto em condições de plantio, quanto em viveiro, apresentando níveis satisfatórios de controle, reduzindo a intensidade da doença no campo, conseqüentemente danos e perdas (ZAUZA et al, 2008; FURTADO; MORAES, 2010; MORAES et al., 2010; FURTADO; MORAES, 2011; MASSON et al., 2011; SANTOS E AUER, 2011; MORAES et al., 2012a; MASSON et al., 2013; FURTADO et al., 2013).

A tecnologia de aplicação constitui-se uma área de grande importância para programas de controle de doenças de plantas (AZEVEDO, 2003). Nos atuais conceitos de aplicação de defensivos, são quatro os pontos a serem considerados como fundamentais, para obter pleno êxito, tanto na preservação das colheitas, quanto na redução de ataques de pragas e patógenos: momento oportuno, cobertura, dose e

segurança (OZEKI; KUNZ, 1998). Além disso, deve-se considerar, a influência dos fatores biológicos, meteorológicos e agrônômicos, nem sempre previsíveis (AZEVEDO, 2003).

Considerando a interação entre ambiente e patógeno, e avaliação de métodos de aplicação de fungicidas no controle da ferrugem do eucalipto, o presente trabalho teve como objetivos: (i) avaliar a dinâmica espaço-temporal da ferrugem do eucalipto, possibilitando escolhas de regiões, época de plantio e condução de rebrota com baixo favorabilidade climática de ocorrência da doença; (ii) selecionar adequadamente as áreas para a distribuição dos clones (materiais genéticos), considerando o nível de resistência dos mesmos; (iii) testar o modelo de índice de infecção para o zoneamento de favorabilidade climática e (iv) avaliar três métodos de aplicação de fungicida no controle da ferrugem do eucalipto e sua viabilidade econômica.

Para tanto, o trabalho foi dividido em dois capítulos, sendo o primeiro capítulo intitulado “Favorabilidade climática para ocorrência da ferrugem do eucalipto no Brasil e o segundo capítulo foi intitulado “Métodos de aplicação de fungicida no controle da ferrugem do eucalipto em campo”.

2-REFERÊNCIAS

ABRAF - Associação Brasileira de Produtores de Florestas Plantadas. 2009. **Anuário Estatístico - ano base 2008**, ABRAF- 2009. Disponível em: <www.abraflor.org/estatística/anuário>. Acesso em: 08ago. 2009.

ABRAF - Associação Brasileira de Produtores de Florestas Plantadas, 2013. **Anuário Estatístico - ano base 2012**, ABRAF- 2013. Disponível em: <www.abraflor.org/estatística/anuário>. Acesso em: 07 out. 2013.

ALFENAS, A.C. et al. *Heteropyxis natalensis*, a new host of *Puccinia psidii* rust. **Australasian Plant Pathology**, Auckland, v.34, p. 285–286, 2005.

AZEVEDO, L.A.S. **Qualidade de aplicação de fungicidas protetores** – Fungicidas protetores: fundamentos para o uso racional. Campinas: Camopi. 2003.132p.

BOOTH, T.H., OLD, K.M., JOVANOVIĆ, T. A preliminary assessment of high risk areas for *Puccinia psidii* Eucalyptus rust in the Neotropics and Australia. **Agriculture, Ecosystems & Environment**, Amsterdam, v.82, p. 295–301, 2000.

COUTINHO, T.A. et al. Eucalyptus rust: a disease with the potential for serious international implications. **Plant Disease**, Saint Paul, v. 82, p. 819-925, 1998.

FURTADO, E.L., MARINO, C.L. Eucalyptus rust management in Brazil. In: IUFRO RUSTS FOREST TREES W.P. CONFERENCE, CHINA. FOREST RESEARCH, 2, 2002. Yangling. **Proceedings...** Yangling, 2002. p.118-124.

FURTADO, E.L.; MORAES, W.B. Controle químico de doenças do eucalipto. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE FITOPATOLOGIA, 43, 2010, Cuiabá. **Anais...**Cuiabá, 2010. p. 90-91.

FURTADO, E.L.; MORAES, W.B. Pulverização aérea é eficiente no controle da ferrugem do eucalipto? **Revista Campo & Negócios**, Uberlândia, p. 88-89, 2011.

FURTADO, E. L.; MORAES, W.B.; MASSON, M.V. Uso de fungicidas no manejo integrado de doenças em espécies florestais. In: NEFIT (Org). **Patologia Florestal: desafios e perspectivas**. 1 Ed. São Carlos: Suprema Gráfica e Editora, 2013. p. 351-371.v.1.

FURTADO, E.L. et al. **Doenças do eucalipto no Brasil**. Botucatu: FEPAF, 2009.74p.

GLEN, M. et al. *Pucciniapsidii*: a threat to the Australian environment and economy - a review. **Australasian Plant Pathology**, Auckland, v. 36, p. 1-6, 2007.

HARMON, J.E.; ANDERSON, S.J. **The design and implementation of geographic information systems**. New Jersey: John Wile & Sons, 2003. 264 p.

KAWANISHI, T. et al. First report of rust disease on Ohia and the causal fungus, *Pucciniapsidii*, in Japan. **Journal of General Plant Pathology**, Tóquio, v. 75, p. 428-431, 2009.

KILLGORE, E.M., HEU, R.A. **Ohia rust *Pucciniapsidii* Winter**. Hawaii: Department of Agriculture. 2005. 2p.(New Pest Advisory 05-04).

KRITICOS, D.J. et al. Combining a climatic niche model of an invasive fungus with Its host species distributions to identify risks to natural assets: *Pucciniapsidii*SensuLato in Australia. **PLoS ONE**, Palo Alto, v.5, e64479, 2013.

LOPES, M.V. et al. Mapas de zonas de risco de epidemias e zoneamento agroclimático para o Cancro Cítrico no Estado de São Paulo. **SummaPhytopathologica**, Botucatu, v. 34, p. 349-353, 2008.

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

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

MASSON, M.V.; MORAES, W.B.; FURTADO, E.L. Chemical Control of Eucalyptus Rust: Brazilian Experiences. In: NITA, M. (Org.). **Fungicides Showcases of Integrated Plant Disease Management from Around the World**. 1ed. Croácia: InTech, 2013, p. 117-134. v. 1.

MORAES, W.B. et al. Eficiência de fungicidas no controle da ferrugem do eucalipto. In: CONGRESSO PAULISTA DE FITOPATOLOGIA, 35, 2012, Jaguariúna. **Anais...** Jaguariúna, 2012a. p. 220-220.

MORAES, W.B. et al. Quantificação de danos e relações entre severidade e produtividade no patossistema ferrugem do eucalipto. In: CONGRESSO PAULISTA DE FITOPATOLOGIA, 35, 2012, Jaguariúna. **Anais...** Jaguariúna, 2012b. p. 205-205.

MORAES, W.B.; FURTADO, E.L.; SILVA, J.G. Controle químico da ferrugem do eucalipto em condições de viveiro e campo. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE FITOPATOLOGIA, 43, 2010, Cuiabá. **Anais...** Cuiabá, 2010. p. 114-114.

OZEKI Y.; KUNZ R.P. Tecnologia de aplicação aérea – aspectos práticos. In: GUEDES, J.V.C.; DORNELLE, S.H.B.(Eds.). **Tecnologia de segurança na aplicação de agrotóxicos: novas tecnologias**. Santa Maria: Departamento de Defesa Fitossanitária. 1998, p. 65-78.

RUIZ, R.A.R. et al. 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, DF, v. 14, p. 55-61, 1989.

SANTOS, Á.F. AUER, C.G. **Controle químico da ferrugem do eucalipto em plantios jovens**. Colombo: EMBRAPA, 2011. 3 p. (Comunicado Técnico, 274).

SANTOS, C.A.G. **Estudos epidemiológicos da ferrugem do eucalipto causada por *Puccinia psidii* em plantios irrigados**. 2006. 75f. Dissertação (Mestrado em Proteção de Plantas), Faculdade de Ciências Agrônomicas - Universidade Estadual Paulista, Botucatu, 2006.

TAKAHASHI, S.S. **Ferrugem do eucalipto: Índice de infecção, análise temporal e estimativas de danos relacionadas a intensidade da doença no campo**. 2002. 101f. Dissertação (Mestrado em Proteção de Plantas), Faculdade de Ciências Agrônomicas - Universidade Estadual Paulista Julio de Mesquita Filho. Botucatu, 2002.

UNIVERSIDADE ESTADUAL PAULISTA. Coordenadoria Geral de Bibliotecas. Grupo de Trabalho Normalização Documentária da UNESP. **Normalização documentária para a produção científica da UNESP: normas para apresentação de referências segundo a NBR 6023:2002 da ABNT**. São Paulo, 2003. Disponível em: <<http://www.biblioteca.unesp.br/pages/normalizacao.pdf>>. Acesso em: 21 set. 2013.

ZAUZA, E.A.V. et al. Eficiência de fungicidas sistêmicos no controle da ferrugem do *Eucalyptus*. **Revista Árvore**, Viçosa, v. 32, p. 829–835, 2008.

CAPÍTULO 1
FAVORABILIDADE CLIMÁTICA PARA A OCORRÊNCIA DA
FERRUGEM DO EUCALIPTO NO BRASIL
CLIMATIC FAVORABILTY FOR EUCALYPTUS RUST
OCCURRENCE IN BRAZIL

RESUMO

A ferrugem do eucalipto, também conhecida como ferrugem das mirtáceas, causada pelo fungo *Puccinia psidii* Winter, é considerada uma das mais importantes doenças da cultura no Brasil. O fungo infecta folhas do estágio juvenil de plantas novas ou brotações após o corte das árvores. Temperaturas entre 18 e 25°C e mais de 6 horas de molhamento foliar favorecem seu desenvolvimento. O objetivo deste trabalho foi (i) avaliar a dinâmica espaço-temporal da ferrugem do eucalipto, possibilitando escolhas de regiões, época de plantio e condução de rebrota com baixo favorabilidade climática de ocorrência da doença; (ii) selecionar adequadamente as áreas para a distribuição dos clones (materiais genéticos), considerando o nível de resistência dos mesmos e (iii) testar o modelo de índice de infecção para o zoneamento de favorabilidade climática. Foram gerados mapas de temperatura e de duração do período de molhamento foliar. O zoneamento de favorabilidade climática foi gerado com base no modelo de índice de infecção. Foi realizada a normalização dos índices, com o objetivo de eliminar os valores negativos do índice de infecção. Para testar o zoneamento de favorabilidade climática foram coletadas informações sobre ocorrência da doença em diferentes regiões do país. Em relação à distribuição temporal da doença, a estação do ano com maior área favorável foi o outono com 92,90 % de áreas com índice de favorabilidade climática (IF) maior que 70%. Quanto à distribuição espacial para o Brasil, as regiões norte, centro-oeste, sudeste apresentaram grandes áreas com IF acima de 70%, ao longo de todo o ano. A região sul, no período de outono e inverno, possui grande parte de seu território com o IF de 0 a 60%.

No nordeste, existe uma maior área com IF abaixo de 60%, principalmente ao que corresponde o sertão nordestino. O sistema de previsão foi preciso na estimativa da favorabilidade climática, pois corrobora com as informações de campo. O Zoneamento de favorabilidade climática mostrou-se uma ferramenta útil para o manejo da ferrugem do eucalipto, sendo testado com as avaliações de campo. Foi possível verificar a sazonalidade na distribuição espaço-temporal da ferrugem do eucalipto, classificando regiões e épocas do ano mais ou menos favoráveis.

Palavras-chave: Zoneamento, *Puccinia psidii*, *Eucalyptus*, planejamento evasivo, sistema de previsão

SUMMARY

Eucalyptus rust, also known as myrtaceae rust, caused by the fungus *Puccinia psidii* Winter, is considered one of the most important diseases in culture. The fungus infects the leaves at juvenile phase of young plants or sprouting after the trees cutting. Temperatures from 18 and 25°C and 6 hours of foliar watering promote its development. The objective of this work was (i) evaluate the space-timing dynamics of eucalyptus rust, enabling the choices of geographic area, planting time and sprouting conduct with low risk of occurrence; (ii) select adequately the areas for clones displacement (genetic materials), considering their resistance rate and (iii) validate the zoning model of climatic favorability areas. It was created maps of temperature and foliar improvement period length in hours for each season and annual. The zoning of risk areas was generated based on the infection index model. The indices standardization was done aiming at eliminating the infection index negative values. In order to validate the zoning of climatic favorability areas, it was collected data on the disease occurrence in different regions of the country. As for the temporal distribution of the disease, autumn was the season with more favorable area with 92.90 % of climatic favorability areas index (IF) over 70%. Concerning the space distribution for Brazil, the regions North, Central-West and Southeast presented great areas with I over 70%, along the year. The South region in the autumn and winter has great

part of its territory with IF from 0 to 60%. In the Northeast, there is a bigger area with IR under 60%, mainly to that one corresponding to the Northeast dry hinterland, which corroborate with field data. The zoning of climatic favorability areas showed to be a useful tool for handling eucalyptus rust, being validated with Field evaluations. It was possible to verify the seasonal spread in the space-temporal distribution of eucalyptus rust, classifying more or less favorable regions and periods of the year.

Keywords: Zoning, *Pucciniaapsidii*, *Eucalyptus*, planning evasive, forecasting system

1-INTRODUÇÃO

As áreas de produção de eucalipto no Brasil estão expandindo para diversas regiões, alterando o cenário da distribuição dos plantios. Em 2008, os principais estados produtores eram Minas Gerais, Bahia, São Paulo, Rio Grande do Sul e Espírito Santo (ABRAF, 2009), já em 2012, os principais produtores foram Minas Gerais, São Paulo, Bahia, Mato Grosso do Sul e Rio Grande do Sul (ABRAF, 2013).

Com destaque para estados do Mato Grosso do Sul e Tocantins, que tiveram os maiores percentuais de crescimento de áreas plantadas no ano de 2012, com 19% e 39,9% respectivamente e para os estados do nordeste como Maranhão e Piauí, que são considerados como novas fronteiras agroflorestais (ABRAF, 2013).

Essas áreas formam novos desafios, principalmente no que diz respeito à escolha dos materiais genéticos adaptados à região e os possíveis patossistemas que podem ocorrer, sendo importante que estudos que avaliem esses patossistemas sejam realizados (JESUS JUNIOR et al., 2010; SILVA et al., 2013). O aparecimento e desenvolvimento de uma doença são resultantes da interação de três fatores: planta suscetível, agente patogênico e fatores ambientais favoráveis, formando o triângulo da doença. O ambiente, aqui representado pelo clima, é um componente relevante nesta interação, podendo, inclusive, impedir a ocorrência da doença mesmo na presença do hospedeiro suscetível e do patógeno (VALE et al., 2004; JESUS JUNIOR et al., 2007; JESUS JUNIOR et al., 2010).

A ferrugem do eucalipto, também conhecida como ferrugem das mirtáceas, causada pelo fungo *Puccinia psidii* Winter, é considerada uma das mais

importantes doenças da cultura, principalmente pela sua influência no manejo da cultura, ocorrendo em plantios de até dois anos de idade e o nível de dano que pode chegar a 50% (TAKAHASHI, 2002; SANTOS, 2006; MASSON, 2009; FURTADO et al., 2009; MORAES et al., 2012).

A predominância de temperaturas do ar, variando entre 18 e 25 °C, associada a períodos com molhamento foliar superiores a 6 horas por 5 a 7 dias consecutivos, bem como a existência de órgãos juvenis, incluindo folhas novas e terminais de crescimento, favorecem as infecções pelo patógeno (RUIZ et al., 1989). Além do eucalipto, o patógeno também causa doença em várias outras espécies, pertencentes às famílias *Myrtaceae* e *Heteropixidaceae* (COUTINHO et al., 1998; FURTADO; MARINO, 2002; ALFENAS et al., 2005; GLEN et al., 2007). Este patógeno é originário da América do Sul e Central, havendo relatos de sua ocorrência no México, Florida, Hawaii, Japão (COUTINHO et al., 1998; BOOTH et al., 2000; KILLGORE; HEU, 2005; KAWANISHI et al., 2009) e de uma espécie denominada *Pucciniapsidii* Sensu Lato na Austrália (KRITICOS et al., 2013).

Com o objetivo de avaliar possíveis áreas favoráveis para esta doença, foram realizados estudos para o plantio quanto ao nível de resistência, risco potencial de áreas caso houvesse a introdução da doença e possíveis efeitos das mudanças climáticas em sua distribuição (BOOTH et al., 2000; MASSON et al. 2007; BOOTH E JAVANOVIC, 2012; BORA, 2013; KRITICOS et al., 2013; MORAES et al., 2014a, MORAES et al., 2014b, SILVA et al., 2013). Estes trabalhos levaram em consideração as condições adequadas para o patógeno se estabelecer e desenvolver, inferindo o risco e delimitando as áreas que o patógeno pode ocorrer, porém grande parte destes estudos utiliza a base de dados do programa CLIMEX e avaliações qualitativas, que é uma alternativa viável para patossistemas que não possuem modelo específico desenvolvido. Entretanto deve-se ressaltar que para os patossistemas com modelo específico desenvolvido, seu uso deve ser recomendado para o subsídio do desenvolvimento de sistemas de previsões (MORAES, 2009).

No caso de doenças de plantas, os mapas de zonas de risco, acoplados aos modelos de simulação, podem ser úteis para indicar áreas geográficas ou até mesmo, épocas do ano mais favoráveis à ocorrência de epidemias (LOPES et al., 2008). O uso do Sistema de Informações Geográficas (SIG) permite realizar análises complexas ao integrar informações de diversas fontes e criar bancos de dados

georreferenciados. O geoprocessamento, atividade central do SIG, permite estudar mudanças em processos e suas interações, nas dimensões espaço-temporal, e criar documentos cartográficos de alta qualidade, com incertezas estimadas e possibilidade de estabelecer níveis de confiança (HARMON; ANDERSON, 2003).

Uma vez definidas as condições adequadas para o patógeno se estabelecer e desenvolver, é possível inferir sobre o risco deste ocorrer e delimitar áreas, que podem servir como subsídio ao desenvolvimento de sistema de previsões. Esta prática de manejo pode ser aprimorada através da introdução de informações epidemiológicas em um Sistema de Informações Geográficas (SIG) e técnicas de geoestatística, sendo este um método vantajoso em relação a outros métodos aplicados em zoneamentos, pois possibilita obter mapas com maior resolução, dando maior subsídio à tomada de decisão. As técnicas de geoestatísticas são metodologias relativamente simples e possibilitam analisar e representar aspectos da dinâmica espaço-temporal de doenças de plantas de forma objetiva, bem como possibilitam a inferência sobre as incertezas associadas às estimativas de risco (JESUS JUNIOR et al., 2010).

O objetivo deste trabalho foi (i) avaliar a dinâmica espaço-temporal da doença, possibilitando escolhas de regiões, época de plantio e condução de rebrota com baixa favorabilidade climática de ocorrência; (ii) selecionar adequadamente as áreas para a distribuição dos clones (materiais genéticos), considerando o nível de resistência dos mesmos e (iii) testar o modelo de índice de infecção para o zoneamento de favorabilidade climática.

2- MATERIAL E MÉTODOS

2.1-Obtenção dos mapas de temperatura e duração do período de molhamento foliar

Antes da elaboração dos mapas de favorabilidade, foram gerados mapas de temperatura e de duração do período de molhamento foliar em horas (DMF) para cada estação do ano, primavera (setembro a novembro), verão (dezembro a fevereiro), outono (março a maio), inverno (junho a agosto) e anual (Figura 1 e 2). Foram utilizados dados de 1.800 estações meteorológicas para os dados de temperatura e 58 estações automatizadas para DMF. A temperatura foi estimada por modelos propostos por Alvares et al. (2013a), a qual é calculada usando regressões multivariadas com base na latitude, longitude e altitude de cada pixel. A duração do molhamento foliar (em horas) foi estimada por modelos propostos por Alvares et al. (2013b). Esses modelos estimam a duração do período de molhamento foliar com base na umidade relativa média do mês. Para gerar os mapas de duração do molhamento foliar, utilizaram-se os dados de normais climatológicas de umidade relativa do ar de estações convencionais do Instituto Nacional de Meteorologia - INMET (BRASIL, 1992). Para a construção dos modelos, Alvares et al. (2013b) consideraram que o dia inicia-se às 12 horas e encerra-se às 12 horas do outro dia, representando o que ocorre em campo ao que se refere à duração do molhamento foliar.

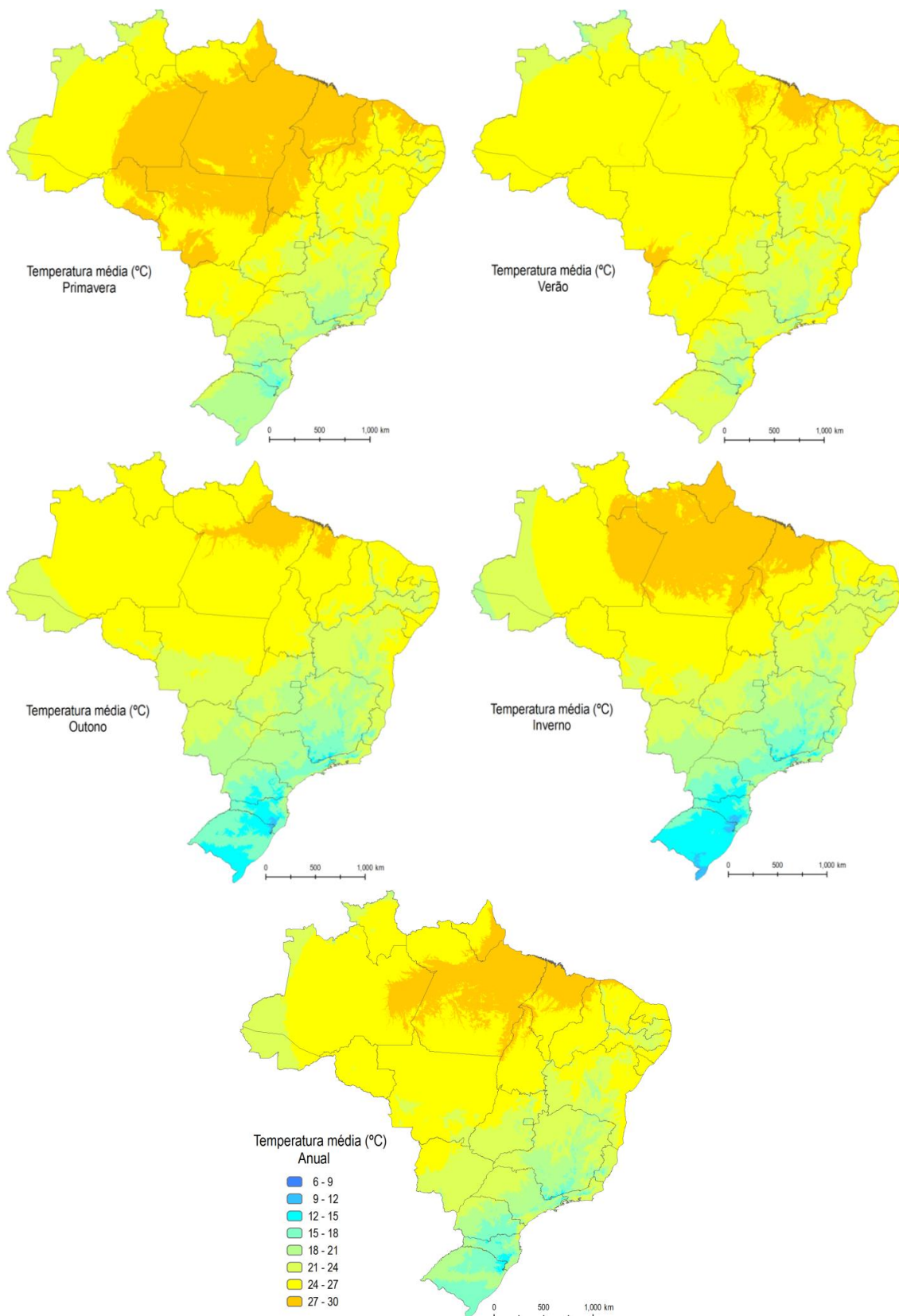


Figura 1 - Temperatura média do ar normal (TM) para o Brasil, em diferentes estações do ano e valor anual. Fonte: Alvares et al. (2013a)

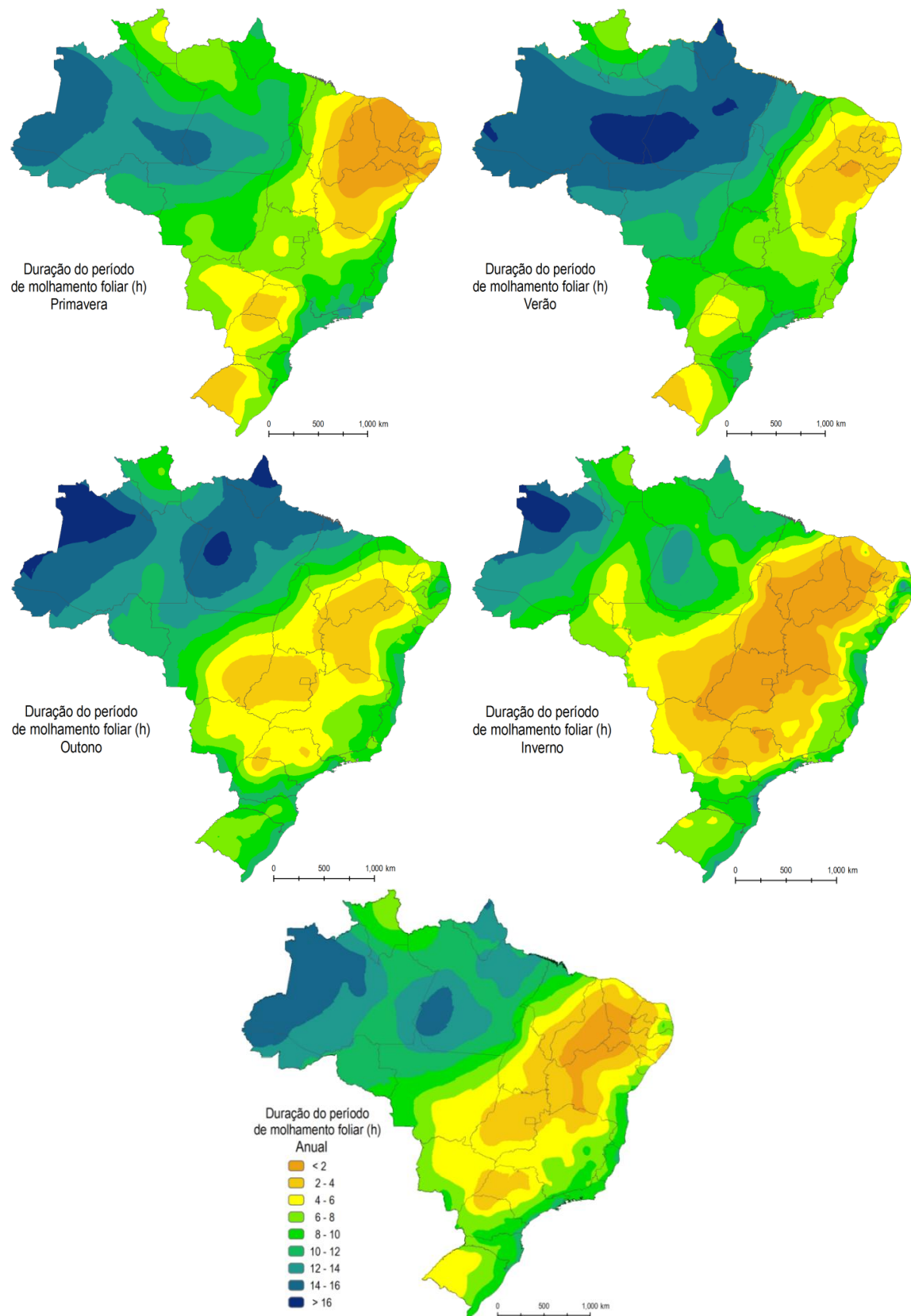


Figura 2 - Duração média diária de molhamento foliar em horas (DMF) para o Brasil, em diferentes estações do ano e valor anual. Fonte: Alvares et al. (2013b).

2.2- Elaboração do zoneamento de favorabilidadeclimática

O zoneamento de favorabilidadeclimática foi gerado com base no modelo proposto por Ruiz et al. (1989), sendo $II = -32,263 + 3,699 T + 0,461 H - 0,0018 TH - 0,0903 T^2 - 0,0068 H^2$ ($R^2 = 0,77$), em que T é a média da temperatura (°C) e H é a duração média do molhamento foliar (horas), para estimar o índice de infecção (II) para o patossistema ‘eucalipto-*P. psidii*’, utilizando técnicas de álgebra com mapas (BURROUGH;MCDONNELL, 1998; THEOBALD, 2007) . Depois de gerados os mapas com base no índice de infecção, utilizou-se a metodologia proposta por Moraes (2009), para promover uma normalização dos índices, com o objetivo de eliminar os valores negativos do índice de infecção, com a seguinte equação:

$$R = M - m$$

$$FC = 100/R$$

$$IF = FC * (II-m)$$

Em que:

R = Range; M = maior índice ; m = menor índice; FC = Fator de correção; IF = Índice de favorabilidade climática e II = índice de infecção

Para eliminar estes valores, bastou subtrair todos os índices ao menor valor encontrado (m). Após isso, foi necessário alocar os índices em uma escala que por definição varia entre 0 e 100. Para chegar a este resultado, foi calculado um Fator de Correção (FC). Este fator foi gerado dividindo a constante 100 pelo “range” (R) entre o maior índice (M) e menor índice (m) gerado pelo modelo proposto. Os resultados gerados da subtração foram multiplicados pelo valor (FC), chegando-se assim ao resultado do índice de favorabilidade .

2.3- Teste do zoneamento de favorabilidadeclimática

Para testar o zoneamento de favorabilidadeclimática para ferrugem do eucalipto, foram coletadas informações de 25 pontos distribuídos nos estados do Rio Grande do Sul, Paraná, São Paulo, Mato Grosso do Sul, Minas Gerais, Espírito Santo e Bahia, fornecidas por técnicos de empresas privadas de plantios e monitoramento de doenças do eucalipto (Moraes, n.p.) (Figura 3). Foram levantadas informações quanto à época de plantio, época da avaliação, espécie, temperatura média

(°C) e umidade relativa (%) do ar no período da avaliação, precipitação anual (mm) e intensidade da doença, avaliada pela escala de Zamprogno et al. (2008), que considera 0= ausência de esporulação ou planta sadia; I= pústulas puntiformes isoladas nos limbos e folhas novas; II= esporulação mais abundante nos limbos e folhas novas; III= esporulação intensa em ambas as faces das folhas, podendo ocorrer em pecíolos e hastes jovens. Os valores das notas foram convertidos para severidade(Moraes, n.p.). Os dados de normais climatológicas utilizados para comparar com os dados de campo da época de avaliação foram obtidos nos estudos desenvolvidos por Alvares et al. (2013a, 2013b, 2013c).

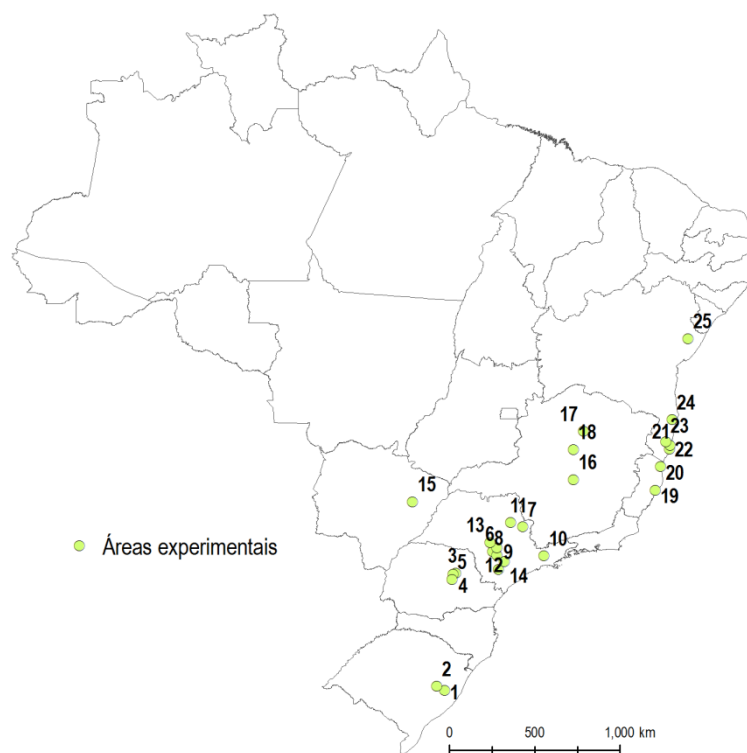


Figura 4 - Localização dos pontos de teste do zoneamento de áreas de favorabilidade climática para ferrugem do eucalipto.

3- RESULTADOS

O zoneamento de favorabilidade climática para ferrugem do eucalipto no Brasil foi realizado com base nos mapas de temperatura média (TM) e duração de molhamento foliar em horas (DMF) (Figuras 1 e 2). Em relação à distribuição temporal da doença, a estação do ano com maior área favorável foi o outono com 92,90 % de áreas com índice de favorabilidade climática (IF) maior que 70%, já as estações verão, primavera e inverno apresentaram 90,1%; 75,1% e 71,3%, respectivamente de áreas com IF maior que 70% (Tabela 1 a 4). Para o zoneamento anual de favorabilidade climática obtiveram-se 86,97% de áreas com índice de favorabilidade climática maior que 70% (Tabela 5).

Tabela 1- Porcentagem das áreas de índice de favorabilidade climática de ocorrência da ferrugem do eucalipto, para cada estado na primavera (setembro a novembro).

Estado	Índice de Favorabilidade climática									
	10	20	30	40	50	60	70	80	90	100
RO	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	22,80	75,49	1,70	0,00
AC	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,16	53,34	46,48	0,02
AM	0,00	0,00	0,00	0,00	1,95	8,52	30,99	43,70	14,69	0,14
RR	0,00	0,00	0,00	0,00	12,17	41,59	26,15	13,12	6,97	0,00
PA	0,00	0,00	0,00	0,00	3,18	18,24	46,92	29,55	2,11	0,00
AP	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	21,45	76,28	2,27	0,00	0,00
TO	0,00	0,00	0,00	0,00	0,51	43,27	52,94	3,28	0,00	0,00
MA	0,00	0,32	12,80	24,67	22,12	28,59	11,51	0,00	0,00	0,00
PI	0,00	1,49	37,88	29,59	24,23	6,48	0,33	0,00	0,00	0,00
CE	0,00	5,95	28,78	33,90	22,35	7,82	1,20	0,00	0,00	0,00
RN	0,00	0,33	33,00	23,17	28,15	15,02	0,33	0,00	0,00	0,00

Índice de Favorabilidade climática										
Estado	10	20	30	40	50	60	70	80	90	100
PB	0,00	0,00	6,76	17,22	13,31	31,61	29,50	1,59	0,00	0,00
AL	0,00	0,00	0,00	1,43	38,75	54,92	4,90	0,00	0,00	0,00
SE	0,00	0,00	0,00	0,97	17,20	50,72	31,04	0,07	0,00	0,00
PE	0,00	0,00	0,00	6,20	34,95	35,39	23,38	0,08	0,00	0,00
BA	0,00	0,00	0,74	7,81	12,39	21,84	35,75	20,47	1,00	0,00
MS	0,00	0,00	0,00	0,00	1,03	39,21	45,14	14,62	0,00	0,00
MT	0,00	0,00	0,00	0,00	0,47	12,76	25,63	59,50	1,64	0,00
GO	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	6,12	36,73	56,92	0,23	0,00
DF	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	91,71	8,29	0,00
MG	0,00	0,00	0,00	0,00	0,01	2,42	17,53	35,88	39,39	4,76
ES	0,00	0,01	0,01	0,03	0,03	0,06	0,11	46,14	53,59	0,03
RJ	0,00	0,00	0,00	0,03	0,05	0,10	0,17	0,74	61,12	37,79
SP	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	1,53	40,17	22,25	26,45	9,60
PR	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,02	19,68	70,05	10,25	0,00
SC	0,00	0,00	0,00	0,00	0,10	1,14	4,80	53,45	40,46	0,05
RS	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,02	40,23	57,08	2,67	0,00
Brasil	0,00	0,16	2,37	3,22	4,80	14,35	30,58	34,30	9,37	0,86

RO – Rondônia; AC – Acre, AM – Amazonas, RR – Roraima, PA – Pará, AP – Amapá, TO – Tocantins, MA – Maranhão, PI – Piauí, CE – Ceará, RN – Rio Grande do Norte, PB – Paraíba, AL – Alagoas, SE – Sergipe, PE – Pernambuco, BA – Bahia, MS – Mato Grosso do Sul, MT – Mato Grosso, GO – Goiás, DF – Distrito Federal, MG – Minas Gerais, ES – Espírito Santo, RJ – Rio de Janeiro, SP – São Paulo, PR – Paraná, SC – Santa Catarina, RS – Rio Grande do Sul.

Tabela 2- Porcentagem das áreas de índice de favorabilidade climática de ocorrência da ferrugem do eucalipto, para cada estado no período do verão (dezembro a fevereiro).

Estado	Índice de Favorabilidade climática									
	10	20	30	40	50	60	70	80	90	100
RO	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	34,56	56,87	8,57
AC	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	5,25	94,69	0,06
AM	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,55	60,00	39,09	0,36
RR	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	7,25	50,47	28,65	13,63	0,00
PA	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,04	21,35	73,35	5,26
AP	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	7,15	90,18	2,67
TO	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	16,63	69,07	14,28	0,03
MA	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	3,45	35,43	48,16	12,96	0,00
PI	0,00	0,00	0,00	3,07	16,80	46,72	29,95	3,46	0,00	0,00
CE	0,00	0,00	0,00	12,30	28,41	40,51	13,83	4,89	0,06	0,00
RN	0,00	0,00	2,26	40,53	37,56	17,23	2,42	0,00	0,00	0,00
PB	0,00	0,00	0,00	6,18	25,40	24,06	42,73	1,63	0,00	0,00
AL	0,00	0,00	0,00	4,48	53,90	35,77	5,86	0,00	0,00	0,00
SE	0,00	0,00	0,00	4,01	49,38	44,20	2,41	0,00	0,00	0,00
PE	0,00	0,00	0,00	0,00	25,75	42,42	30,12	1,70	0,00	0,00
BA	0,00	0,00	0,00	0,40	12,85	31,38	33,47	20,12	1,78	0,00
MS	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	13,29	51,88	32,70	2,12	0,00
MT	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,07	11,97	27,34	56,56	4,07
GO	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	9,94	63,95	26,11	0,00
DF	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	29,43	70,57	0,00
MG	0,00	0,00	0,00	0,00	0,06	2,00	18,09	41,56	38,09	0,20
ES	0,00	0,00	0,01	0,02	0,03	0,16	65,39	18,35	16,05	0,00
RJ	0,00	0,00	0,00	0,00	0,04	0,35	49,56	15,94	33,91	0,20
SP	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	1,24	30,54	33,90	27,74	6,59
PR	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,27	22,12	36,03	41,56	0,02
SC	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,35	11,36	81,81	6,48
RS	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	7,06	31,48	48,08	13,38	0,00
Brasil	0,00	0,00	0,01	0,64	2,81	6,44	15,75	35,21	37,30	1,83

RO – Rondônia; AC – Acre, AM – Amazonas, RR – Roraima, PA – Pará, AP – Amapá, TO – Tocantins, MA – Maranhão, PI – Piauí, CE – Ceará, RN – Rio Grande do Norte, PB – Paraíba, AL – Alagoas, SE – Sergipe, PE – Pernambuco, BA – Bahia, MS – Mato Grosso do Sul, MT – Mato Grosso, GO – Goiás, DF – Distrito Federal, MG – Minas Gerais, ES – Espírito Santo, RJ – Rio de Janeiro, SP – São Paulo, PR – Paraná, SC – Santa Catarina, RS – Rio Grande do Sul.

Tabela 3- Porcentagem das áreas de índice de favorabilidade climática de ocorrência da ferrugem do eucalipto, para cada estado no período do outono (março a maio).

Índice de Favorabilidade climática										
Estado	10	20	30	40	50	60	70	80	90	100
RO	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	30,23	69,15	0,62
AC	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	88,47	11,53
AM	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	4,64	57,08	37,82	0,47
RR	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,28	46,91	45,64	7,17	0,00
PA	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	3,01	56,72	40,24	0,03
AP	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	39,07	60,93	0,00
TO	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	32,29	63,73	3,97	0,00	0,00
MA	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	7,45	55,66	36,78	0,11	0,00
PI	0,00	0,00	0,00	0,00	12,30	50,47	34,12	3,06	0,06	0,00
CE	0,00	0,00	0,00	0,00	0,51	29,72	51,35	14,80	3,62	0,00
RN	0,00	0,00	0,00	0,00	6,79	42,08	33,18	17,56	0,39	0,00
PB	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	8,38	22,39	30,01	38,69	0,53
AL	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,02	34,53	59,36	6,09	0,00
SE	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	29,23	67,26	3,51	0,00
PE	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	4,37	32,94	37,45	25,23	0,01
BA	0,00	0,00	0,00	0,00	1,30	14,14	28,18	35,28	21,08	0,01
MS	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	3,27	72,93	23,80	0,00
MT	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	3,27	29,38	34,49	32,82	0,04
GO	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,77	52,22	47,02	0,00	0,00
DF	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	89,40	10,60	0,00	0,00
MG	0,01	0,04	0,09	0,14	0,37	1,22	11,22	73,04	13,86	0,00
ES	0,09	0,08	0,08	0,09	0,11	0,20	2,47	11,66	85,24	0,00
RJ	0,09	0,16	0,18	0,25	0,69	1,51	4,32	17,61	75,18	0,00
SP	0,00	0,01	0,08	0,13	0,24	0,73	14,91	75,71	8,19	0,00
PR	0,00	0,00	0,00	0,24	2,04	8,11	42,09	38,51	8,91	0,09
SC	0,05	0,84	3,02	7,46	18,59	19,82	21,35	14,22	13,89	0,77
RS	0,00	0,00	0,21	0,56	3,10	11,52	48,10	35,78	0,73	0,00
Brasil	0,00	0,01	0,06	0,13	0,92	5,97	21,08	45,10	26,37	0,35

RO – Rondônia; AC – Acre, AM – Amazonas, RR – Roraima, PA – Pará, AP – Amapá, TO – Tocantins, MA – Maranhão, PI – Piauí, CE – Ceará, RN – Rio Grande do Norte, PB – Paraíba, AL – Alagoas, SE – Sergipe, PE – Pernambuco, BA – Bahia, MS – Mato Grosso do Sul, MT – Mato Grosso, GO – Goiás, DF – Distrito Federal, MG – Minas Gerais, ES – Espírito Santo, RJ – Rio de Janeiro, SP – São Paulo, PR – Paraná, SC – Santa Catarina, RS – Rio Grande do Sul.

Tabela 4- Porcentagem das áreas de índice de favorabilidade climática de ocorrência da ferrugem do eucalipto, para cada estado no período do inverno (junho a agosto).

Índice de Favorabilidade climática										
Estado	10	20	30	40	50	60	70	80	90	100
RO	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	9,99	39,68	50,33	0,00	0,00
AC	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	20,93	71,23	7,85
AM	0,00	0,00	0,00	0,00	0,19	24,02	22,22	28,33	22,65	2,58
RR	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	31,29	42,41	20,53	5,77	0,00
PA	0,00	0,00	0,00	0,00	0,38	12,29	54,41	32,65	0,28	0,00
AP	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,88	87,70	11,41	0,00	0,00
TO	0,00	0,00	0,00	5,29	66,56	27,26	0,89	0,00	0,00	0,00
MA	0,00	0,00	0,14	15,35	43,45	23,65	15,14	2,27	0,00	0,00
PI	0,00	0,00	0,33	33,31	47,00	18,76	0,59	0,00	0,00	0,00
CE	0,00	0,00	0,30	22,38	33,70	32,46	10,57	0,53	0,06	0,00
RN	0,00	0,00	0,00	1,32	33,65	23,21	23,66	18,15	0,00	0,00
PB	0,00	0,00	0,00	0,00	8,08	15,31	16,00	34,07	19,78	6,77
AL	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,81	74,13	25,06	0,00
SE	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,30	32,90	64,90	1,90
PE	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	18,03	25,30	30,58	25,56	0,53
BA	0,00	0,00	0,00	0,00	4,81	28,33	22,03	21,68	20,46	2,69
MS	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	61,15	38,25	0,60	0,00
MT	0,00	0,00	0,00	0,00	4,57	12,42	58,21	24,79	0,00	0,00
GO	0,00	0,00	0,00	0,00	0,96	36,26	62,78	0,00	0,00	0,00
DF	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,02	99,98	0,00	0,00	0,00
MG	0,02	0,07	0,15	0,29	0,78	5,13	63,46	25,29	4,83	0,00
ES	0,14	0,09	0,08	0,10	0,17	1,31	6,33	16,16	67,08	8,54
RJ	0,16	0,17	0,22	0,51	1,11	3,46	7,12	26,03	60,16	1,06
SP	0,00	0,04	0,14	0,18	0,38	3,00	82,02	8,51	3,68	2,05
PR	0,00	0,00	0,03	1,13	5,09	21,90	46,37	23,07	2,15	0,26
SC	0,84	2,72	5,08	15,19	19,52	21,23	17,64	9,69	7,01	1,07
RS	0,00	0,30	0,80	3,59	19,53	41,51	33,48	0,79	0,00	0,00
Brasil	0,01	0,05	0,13	2,49	8,09	17,95	39,30	22,07	8,93	0,98

RO – Rondônia; AC – Acre, AM – Amazonas, RR – Roraima, PA – Pará, AP – Amapá, TO – Tocantins, MA – Maranhão, PI – Piauí, CE – Ceará, RN – Rio Grande do Norte, PB – Paraíba, AL – Alagoas, SE – Sergipe, PE – Pernambuco, BA – Bahia, MS – Mato Grosso do Sul, MT – Mato Grosso, GO – Goiás, DF – Distrito Federal, MG – Minas Gerais, ES – Espírito Santo, RJ – Rio de Janeiro, SP – São Paulo, PR – Paraná, SC – Santa Catarina, RS – Rio Grande do Sul.

Tabela 5- Porcentagem das áreas de índice de favorabilidade climática de ocorrência da ferrugem do eucalipto, para cada estado anualmente.

Índice de Favorabilidade climática										
Estado	10	20	30	40	50	60	70	80	90	100
RO	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	1,40	73,19	25,41	0,00
AC	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	19,99	76,54	3,47
AM	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	23,42	50,65	25,02	0,91
RR	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	45,80	35,56	17,37	1,27
PA	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,11	14,12	74,47	11,29	0,01
AP	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	18,15	78,13	3,71	0,00
TO	0,00	0,00	0,00	0,00	3,26	59,01	36,61	1,11	0,00	0,00

Índice de Favorabilidade climática										
Estado	10	20	30	40	50	60	70	80	90	100
MA	0,00	0,00	0,00	0,29	17,93	40,79	33,22	7,77	0,00	0,00
PI	0,00	0,00	0,00	14,46	57,59	26,52	1,43	0,00	0,00	0,00
CE	0,00	0,00	0,00	19,51	38,61	31,87	9,18	0,83	0,00	0,00
RN	0,00	0,00	0,00	19,34	34,29	25,16	20,88	0,33	0,00	0,00
PB	0,00	0,00	0,00	0,48	17,79	16,30	28,59	33,99	2,86	0,00
AL	0,00	0,00	0,00	0,00	0,05	22,98	69,86	7,10	0,00	0,00
SE	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	10,22	66,13	23,65	0,00	0,00
PE	0,00	0,00	0,00	0,00	0,91	35,98	36,64	26,32	0,17	0,00
BA	0,00	0,00	0,00	0,19	7,74	18,52	36,56	31,75	5,22	0,00
MS	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	52,41	40,04	7,55	0,00
MT	0,00	0,00	0,00	0,00	0,61	6,75	24,07	56,03	12,54	0,00
GO	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	9,91	52,66	37,43	0,00	0,00
DF	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	25,19	74,81	0,00	0,00
MG	0,01	0,00	0,01	0,02	0,05	1,45	13,95	59,80	24,72	0,00
ES	0,05	0,03	0,03	0,04	0,07	0,12	0,20	14,36	85,09	0,00
RJ	0,03	0,02	0,05	0,09	0,12	0,23	0,96	4,59	93,50	0,40
SP	0,00	0,00	0,00	0,00	0,04	0,13	19,44	56,27	23,64	0,47
PR	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,04	9,34	64,33	25,71	0,57
SC	0,00	0,00	0,04	0,36	1,38	3,94	19,75	39,02	27,02	8,49
RS	0,00	0,00	0,00	0,00	0,02	0,50	6,08	76,03	17,37	0,00
Brasil	0,00	0,00	0,00	0,90	4,05	8,07	23,17	47,56	15,84	0,40

RO – Rondônia; AC – Acre, AM – Amazonas, RR – Roraima, PA – Pará, AP – Amapá, TO – Tocantins, MA – Maranhão, PI – Piauí, CE – Ceará, RN – Rio Grande do Norte, PB – Paraíba, AL – Alagoas, SE – Sergipe, PE – Pernambuco, BA – Bahia, MS – Mato Grosso do Sul, MT – Mato Grosso, GO – Goiás, DF – Distrito Federal, MG – Minas Gerais, ES – Espírito Santo, RJ – Rio de Janeiro, SP – São Paulo, PR – Paraná, SC – Santa Catarina, RS – Rio Grande do Sul.

Quanto à distribuição espacial da ferrugem do eucalipto para o Brasil, as regiões norte, centro-oeste e sudeste apresentaram grandes áreas com IF acima de 70%, ao longo de todo o ano (Figura 3). No nordeste, existe uma maior área com IF abaixo de 60%, principalmente ao que corresponde o sertão nordestino (Figura 3). Isso se deve ao fato de ocorrer menos de 4 horas de DMF e temperaturas acima de 27°C (Figuras 1 e 2). A região sul, nos períodos de outono e inverno, possui grande parte de seu território com o IF de 0 a 60%, isto ocorre principalmente pelas baixas temperaturas que ficam em torno de 6 a 18 °C, mesmo apresentando DMF acima de 4 horas (Figuras 1, 2 e 3).

Os principais estados produtores Minas Gerais, São Paulo, Bahia, Mato Grosso do Sul e Rio Grande do Sul apresentaram áreas com IF acima de 70% ao longo do ano. Com exceção do Rio Grande do Sul que, no inverno, apresenta grande parte do seu território com áreas com IF abaixo de 60% (Figura 3). Os estados do Maranhão, Piauí e Tocantins, considerada como nova fronteira agrícola do país, conhecida como MAPITO, apresentaram áreas com IF abaixo de 60% (Figura 3).

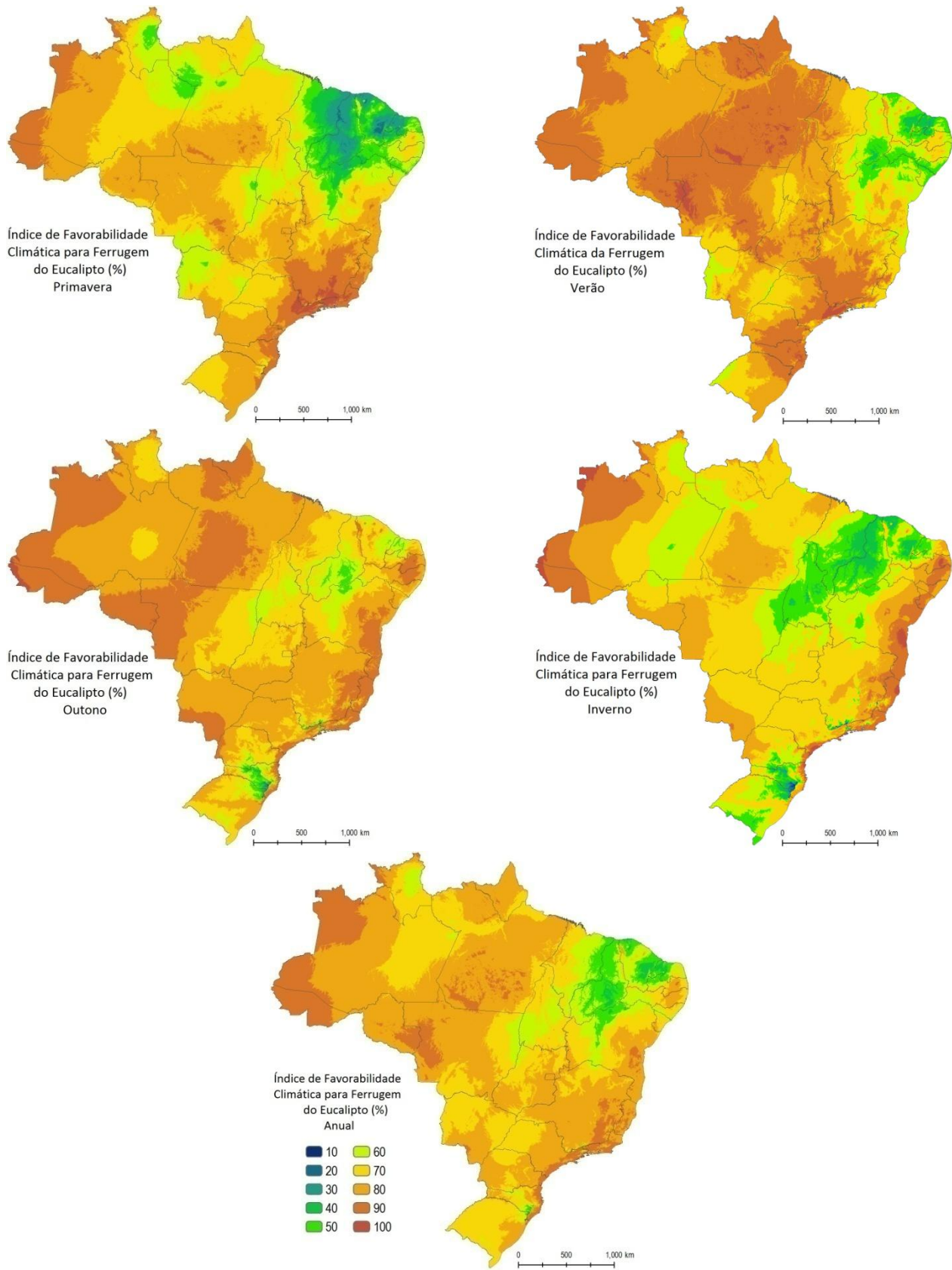


Figura 3- Zoneamento de favorabilidade climática para ferrugem do eucalipto no Brasil.

Os dados coletados a campo para o teste do zoneamento proposto apresentaram diferentes níveis de intensidade da ferrugem do eucalipto, conforme sua localização, espécie plantada e condições meteorológicas e climáticas (Tabela 6). O sistema de previsão foi preciso na estimativa da favorabilidade climática, pois corrobora com as informações de campo. Indicando que este foi adequado para o zoneamento de favorabilidade climática para ferrugem do eucalipto, tanto para as estações do ano quanto para o anual (Tabela 6 e Figura 3).

Tabela 6- Localização dos pontos de teste, espécies plantadas, intensidade de ferrugem, características meteorológicas e climáticas e índice de favorabilidade climática.

Local	UF	Data		Alt m	Espécie	Dados Climáticos Campo			Dados Climáticos Histórico			Índice de Favorabilidade Climática				
		Lat Graus	Long			Plantio	Avaliação	Sev %	PPT mm	TM °C	UR %	PPT mm	TM °C	UR %	Campo	Mapa
Barra do Ribeiro	RS	-30,40	-51,18	30	<i>E. globulus</i>	mar-01	out-01	5	1457	22,1	77	1555	18,8	77,0	79,99	80,07
Eldorado do Sul	RS	-30,18	-51,61	100	<i>E. urophylla x E. globulus</i>	Out-12*	ago-13	5	935	20,3	79	1658	18,3	78,0	85,26	80,34
Telâmaco Borba	PR	-24,20	-50,61	885	<i>E. grandis x E. urophylla</i>	mar-11	fev-12	32	1536	19,6	82	1457	18,7	75,9	89,93	78,19
Ortigueira	PR	-24,27	-50,74	734	<i>E. grandis x E. urophylla</i>	jul-12	abr-13	12,5	1502	20,5	78	1507	18,7	76,1	83,62	78,37
Reserva	PR	-24,54	-50,81	810	<i>E. grandis x E. urophylla</i>	set-12	abr-13	25	1120	19,5	81	1545	18,3	77,0	88,08	78,70
Itatinga	SP	-23,07	-48,66	845	<i>E. grandis</i>	Set-10*	mar-11	24	1012	21,5	80	1336	19,2	74,8	86,07	77,61
Casa Branca	SP	-21,77	-47,09	684	<i>E. grandis x E. urophylla</i>	dez-11	jun-12	28	930	21,5	79	1439	20,5	74,0	84,40	77,59
Angatuba	SP	-23,27	-48,44	834	<i>E. grandis x E. urophylla</i>	fev-11	ago-12	21,4	1503	21,2	80	1290	19,6	75,5	86,48	79,25
Capão Bonito	SP	-24,01	-48,35	705	<i>E. grandis x E. urophylla</i>	fev-04	jul-04	100	980	19	86	1296	18,8	77,8	95,81	81,37
Jacareí	SP	-23,31	-45,97	710	<i>E. grandis x E. urophylla</i>	dez-03	jul-04	25	894	21,7	80	1355	18,2	79,1	85,72	81,81
Luiz Antônio	SP	-21,56	-47,70	638	<i>E. grandis x E. urophylla</i>	out-03	jul-04	12,5	1285	20	78	1473	20,7	71,4	83,51	74,31
Botucatu	SP	-22,89	-48,45	800	<i>E. grandis x E. urophylla</i>	dez-04	jul-05	12,5	1016	21,6	73	1343	19,1	74,2	75,34	76,57
Lençóis Paulista	SP	-22,60	-48,80	505	<i>E. grandis</i>	dez-04	jul-05	5	885	22,7	69	1361	20,6	71,7	68,12	74,69
Itapetininga	SP	-23,59	-48,05	670	<i>E. grandis</i>	dez-04	jul-05	75	828	21,1	80	1249	18,5	77,2	86,59	79,57
Água Clara	MS	-20,45	-52,88	309	<i>E. grandis x E. urophylla</i>	mar-11	ago-11	12,5	312	22,4	71	1606	23,8	71,7	71,13	66,51
Paraopeba	MG	-19,28	-44,41	750	<i>E. Urophylla x E. Camaldulensis</i>	set-12	set-13	0	1100	23,4	67	1395	21,0	74,2	63,69	77,67
Montes Claros	MG	-16,74	-43,86	678	<i>E. Urophylla x E. Camaldulensis</i>	out-10	set-11	0	1123	23,8	63	1107	23,2	69,6	59,05	66,78
Serra do Cabral	MG	-17,69	-44,42	1100	<i>E. grandis x E. urophylla</i>	nov-09	mai-10	15	843	20,3	75	1301	19,9	73,2	79,02	76,35
Aracruz	ES	-19,84	-40,08	27	<i>E. grandis x E. urophylla</i>	jan-07	jul-07	50	510	24,3	82	1316	23,6	80,6	79,29	80,63
Conceição da Barra	ES	-18,59	-39,81	60	<i>E. grandis x E. urophylla</i>	dez-07	ago-08	12,5	927	24,6	81	1332	23,8	80,9	75,85	80,01
Caravelas	BA	-17,67	-39,35	34	<i>E. grandis x E. urophylla</i>	jul-08	set-08	5	131	22,9	80	1556	24,3	81,3	82,42	77,90
Alcobaça	BA	-17,47	-39,32	36	<i>E. grandis x E. urophylla</i>	jul-08	set-08	5	131	23,6	79	1416	24,4	81,2	77,89	77,38

Tabela 6- Continuação...

Local	UF	Lat	Long	Alt m	Espécie	Data		Dados Climáticos Campo			Dados Climáticos Histórico			Índice de Favorabilidade Climática		
						Plantio	Avaliação	Sev %	PPT mm	TM °C	UR %	PPT mm	TM °C	UR %	Campo	Mapa
Prado	BA	-17,29	-39,55	80	<i>E. grandis x E. urophylla</i>	jul-08	set-08	5	90	24,4	77	1255	24,2	80,4	70,58	77,32
Santa Cruz Cabralia	BA	-16,12	-39,21	89	<i>E. grandis x E. urophylla</i>	abr-08	ago-08	4,67	280	23,1	72	1449	24,5	80,9	69,96	76,17
Inhamupe	BA	-11,85	-38,37	200	<i>E. grandis x E. urophylla</i>	nov-10	set-11	10	482	25,1	77	1107	23,3	75,7	66,20	74,21

Sev = Severidade da doença; PPT = chuva; TM = temperatura média (média do período da avaliação); UR = Umidade relativa (média do período da avaliação). * Condução de rebrota. Dados climáticos histórico, Fonte:Alvares et al. (2013a,b,c)

4- DISCUSSÃO

O Zoneamento de favorabilidade climática é uma ferramenta útil para o manejo da ferrugem do eucalipto, principalmente por se basear na temperatura e duração do molhamento foliar em horas (Figuras 1 e 2), que são essenciais para ocorrência da epidemia da doença (RUIZ et al., 1989). A intensidade do índice de favorabilidade climática (IF) da ferrugem do eucalipto é menor em regiões com temperaturas abaixo de 15°C e superiores a 27°C, com duração do molhamento foliar inferior a 4 horas. Para o estado do Paraná, observa-se que as estações mais frias (outono-inverno) apresentam um aumento de áreas IF abaixo de 70% (Figura 3), sendo o verão a época com maior ocorrência da doença no campo (Tabela 6). O mesmo foi observado por Bora (2013), auxiliando no teste desta ferramenta.

O teste do zoneamento com os dados de campo permitiu avaliar as possíveis causas da ocorrência da ferrugem do eucalipto em diversas regiões do país, levando em consideração o triângulo da doença, que consiste em ambiente favorável, hospedeiro suscetível e patógeno (VALE et al., 2004). Na ausência de um dos vértices desse triângulo, não ocorre a doença. Isto foi observado para o estado de Minas Gerais (Tabela 6), para os municípios de Paraopeba e Montes Claros, neste caso, apesar de possuírem um IF acima de 70%, não houve a ocorrência da doença, devido à ausência do hospedeiro suscetível, uma vez que as características dos materiais plantados nesta região possuírem nível de resistência à ferrugem entre intermediário a muito bom (GONÇALVES et al., 2013), sendo o mesmo observado para o Rio Grande do Sul, com baixa intensidade da doença. No estado de São Paulo, os zoneamentos propostos por Silva et al. (2013) e Masson et al. (2007) criaram zonas favoráveis e desfavoráveis semelhantes tanto para o

zoneamento quanto ao nível de resistência, tanto para o zoneamento baseada nas condições climáticas. O mesmo foi observado para o zoneamento de favorabilidade climática com redução do IF de leste para oeste, sendo que os pontos de validação avaliados encontram-se nas áreas com IF em torno de 70 a 80% (Tabela 6).

Para o estado de São Paulo, foram selecionadas áreas para escolhas de progênies *Eucalyptus grandis* resistentes à ferrugem do eucalipto, sendo que em locais considerados favoráveis quanto às características climáticas, não houve a ocorrência da doença em algumas progênies, consideradas resistentes, enquanto que em local com características climáticas menos favoráveis, foi possível avaliar progênies com baixa incidência de ferrugem (SILVA et al., 2013). Isto indica a importância da associação do zoneamento de áreas favorabilidade climática com as características genéticas do hospedeiro. O plantio de materiais mais resistentes deve ser utilizado em áreas com maior IF, enquanto que o plantio de materiais mais suscetíveis deve ser realizado em áreas com menor IF. O uso de plantios homogêneos em grandes áreas pode promover a seleção de raças de ferrugem mais agressivas (SILVA et al., 2013). Portanto, vale ressaltar que devem ser realizados plantios em mosaicos a fim de reduzir a pressão de seleção do patógeno.

Kriticos et al. (2013) avaliaram a distribuição espacial mundial do patógeno *Puccinia psidii* Sensu Lato, considerando temperaturas com limite inferior 10°C e limite superior de 32°C para o desenvolvimento do patógeno, utilizando o banco de dados Climex. Neste estudo para o Brasil, foram observadas pequenas regiões desfavoráveis próximo ao estado de Tocantins e região central do Nordeste. Para o zoneamento de favorabilidade climática anual para ferrugem do eucalipto no Brasil, observaram-se áreas com IR entre 40 a 60% para região central do Nordeste e Tocantins, nordeste de Roraima, central de Santa Catarina e sul do Rio Grande do Sul. Estes resultados diferenciam-se, principalmente a região Sul, dos obtidos por Kriticos et al. (2013), pois este considerou limites que não são favoráveis para *Puccinia psidii* Winter (RUIZ et al., 1989).

As análises de áreas favoráveis ou não quanto ao IR a ferrugem do eucalipto, foram realizadas a fim de promover um melhor conhecimento para o patossistema “eucalipto-*P.psidii*”. Em estudo desenvolvido por Moraes (2009) verificaram que as áreas mais favoráveis a doença para o Brasil aumentava para o norte nas estações mais frias e para o sul durante as estações mais quentes. Com uma tendência de áreas mais favoráveis se concentrarem ao sul do país, ao longo das décadas avaliadas, influenciadas

pelos efeitos das mudanças climáticas. Booth et al. (2000), utilizando dados do Climex, observaram uma concentração, no centro-oeste e sudeste do Brasil, de áreas favoráveis à ocorrência da doença. Estes trabalhos levaram em consideração apenas as condições climáticas ótimas para a doença, não utilizando um modelo específico, tendo apenas classe favorável e desfavorável. O resultado obtido para o zoneamento de favorabilidade climática para ferrugem do eucalipto no Brasil apresenta uma semelhança com os resultados obtidos nos trabalhos acima, contudo, como foi utilizado um modelo específico para doença e formado um banco de dados climáticos de qualidade, foi possível obter várias classes de IF, observando áreas mais ou menos favoráveis em todo o território brasileiro, facilitando seu uso no manejo da ferrugem do eucalipto.

Regiões como sul da Bahia e norte do Espírito Santo apresentaram áreas favoráveis para a ocorrência da doença entre maio e novembro, sendo indicados plantios e conduções de rebrota no verão, época menos favorável para ocorrência da doença (MORAES, 2009). O mesmo foi observado no presente trabalho. A ferrugem do eucalipto infecta plantas de até os dois anos de idade no campo (FURTADO et al., 2009). Durante esse período, é fundamental que seja realizado um bom planejamento quanto à ocorrência de doenças, principalmente quando se trata de materiais suscetíveis e de bom rendimento para indústria. Desta forma, a escolha da área, época de plantio ou condução da rebrota, associada ao zoneamento de favorabilidade climática, monitoramento e época correta de aplicação de fungicidas auxilia na permanência do material genético no mercado, além de evitar danos e perdas. Contudo, vale ressaltar que o mesoclima deve ser levando em consideração no planejamento da implantação da cultura do eucalipto.

5- CONCLUSÕES

A metodologia proposta para o estabelecimento de favorabilidade climática para ferrugem do eucalipto é eficiente.

É possível avaliar de forma espaço-temporal, pelo zoneamento de favorabilidade climática, as regiões e épocas ideais para programação da época de colheita, condução de rebrota e plantio de clones de eucalipto, considerando o nível de resistência para ferrugem do eucalipto.

Com base no zoneamento de favorabilidade climática e no teste de campo, proponhe-se classes de favorabilidade, sendo: $IF < 50\%$ = pouco favorável; IF entre 50 a 70 = favorável e $IF > 70\%$ = altamente favorável.

As estações do ano com maior porcentagem de favorabilidade climática para o Brasil são outono e verão. Entretanto, existe variação da distribuição geográfica da doença entre as estações, de modo que em determinados períodos há regiões do país que apresentam baixa favorabilidade climática e em outros locais, alta favorabilidade climática de ocorrência da ferrugem do eucalipto.

As regiões norte, centro-oeste, sudeste apresentaram grandes áreas favoráveis a ocorrência da ferrugem do eucalipto com IF acima de 70%.

6- REFERÊNCIAS

ABRAF - Associação Brasileira de Produtores de Florestas Plantadas. 2009. **Anuário Estatístico - ano base 2008**, ABRAF- 2009. Disponível em: <www.abraflor.org/estatística/anuário>. Acesso em: 08ago. 2009.

ABRAF - Associação Brasileira de Produtores de Florestas Plantadas, 2013. **Anuário Estatístico - ano base 2012**, ABRAF- 2013. Disponível em: <www.abraflor.org/estatística/anuário>. Acessoem: 07 out. 2013.

ALFENAS, A.C. et al. *Heteropyxisnatalensis*, a new host of *Pucciniapsidii* rust. **Australasian Plant Pathology**, Auckland, v. 34, p. 285–286, 2005.

ALVARES, C.A. et al. Modeling monthly mean air temperature for Brazil. **Theoretical and Applied Climatology**, Wien, v. 113, p. 407–427, 2013a.

ALVARES, C.A. et al. Modeling of leaf wetness duration for Brazil. **Agricultural and Forest Meteorology**, Amsterdam, 2013b. No prelo.

ALVARES, C.A. et al. Köppen climate classification map for Brazil. **MeteorologischeZeitschrift**, Berlin, 2013c. In Press

BOOTH, T.H.; OLD, K.M.; JOVANOVIĆ, T. A preliminary assessment of high risk areas for *Pucciniaapsidii* Eucalyptus rust in the Neotropics and Australia. **Agriculture, Ecosystems & Environment**, Amsterdam, v. 82, p. 295–301, 2000.

BOOTH, T.H., JOVANOVIĆ, T. Assessing vulnerable areas for *Pucciniaapsidii* Eucalyptus rust in Australia. **Australasian Plant Pathology**, Auckland, v. 41, p. 425–429, 2012.

BORA, K.C. **Favorabilidade climática da ferrugem do eucalipto no estado do Paraná**. 2013. 59f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Florestal), Setor de Ciências Agrárias - Universidade Federal do Paraná, Curitiba, 2013.

BRASIL. **Climatological Normal 1961-1990**. SPI/EMBRAPA, Brasília, 1992.

BURROUGH, P.A.; MCDONNELL, R.A. **Principles of Geographical Information Systems**. New York: Oxford University Press, 1998. 19p.

COUTINHO, T.A. et al. Eucalyptus rust: a disease with the potential for serious international implications. **Plant Disease**, Saint Paul, v. 82, p. 819-925, 1998.

FURTADO, E.L. et al. **Doenças do Eucalipto no Brasil**. Botucatu: FEPAF, 2009, p. 74.

FURTADO, E.L., MARINO, C.L. Eucalyptus rust management in Brazil. In: IUFRO RUSTS FOREST TREES W.P. CONFERENCE, CHINA. FOREST RESEARCH, 2, 2002. Yangling. **Proceedings...** Yangling, 2002. p.118-124.

GLEN, M. et al. *Pucciniaapsidii*: a threat to the Australian environment and economy - a review. **Australasian Plant Pathology**, Auckland, v. 36, p. 1-6, 2007.

GONÇALVES, J.L.M. et al. Integrating genetic and silvicultural strategies to minimize abiotic and biotic constraints in Brazilian eucalypt plantations. **Forest Ecology and Management**, Amsterdam, v. 301, p.6-27, 2013.

HARMON, J.E.; ANDERSON, S.J. **The design and implementation of geographic information systems**. New Jersey: John Wile & Sons, 2003. 264 p.

JESUS JUNIOR, W.C. et al. Critérios epidemiológicos para tomada de decisão no manejo de doenças de plantas. In: JESUS JUNIOR, W.C. et al. (Eds.). **Atualidades em Defesa Fitossanitária**. Visconde do Rio Branco: Suprema Gráfica e Editora, 2007, p.307-326,v.1.

JESUS JUNIOR, W.C. et al. Mapeamento climático de áreas de risco para ocorrência de doenças em essências florestais. In: CHICHORRO, J.F. et al. (Org.). **Tópicos em Ciências Florestais**, Alegre: UFES, 2010, p. 419-433.

KAWANISHI, T. et al. First report of rust disease on Ohia and the causal fungus, *Pucciniaopsidii*, in Japan. **Journal of General Plant Pathology**, Tóquio, v. 75, p. 428-431, 2009.

KILLGORE, E.M., HEU, R.A. **Ohia rust *Pucciniaopsidii* Winter**. Hawaii: Department of Agriculture. 2005. 2p.(New Pest Advisory 05-04).

KRITICOS, D.J. et al. Combining a Climatic Niche Model of an Invasive Fungus with Its Host Species Distributions to Identify Risks to Natural Assets: *Pucciniaopsidii* Sensu Lato in Australia. **PLoS ONE**, Palo Alto, v.8, n.5, e64479, 2013.

LOPES, M.V. et al. Mapas de zonas de risco de epidemias e zoneamento agroclimático para o Cancro Cítrico no Estado de São Paulo. **Summa Phytopathologica**, Botucatu, v. 34, p. 349-353, 2008.

MORAES, W.B. et al. Quantificação de danos e relações entre severidade e produtividade no patossistema ferrugem do eucalipto. In: CONGRESSO PAULISTA DE FITOPATOLOGIA, 35, 2012, Jaguariúna. **Anais...** Jaguariúna, 2012.p. 205-205.

MORAES, W.B. **Mapeamento das áreas de risco e impactos potenciais das mudanças climáticas globais para ocorrência da ferrugem do eucalipto**. 60f. Dissertação (Mestrado em Agronomia - Produção Vegetal), Centro de Ciências Agrárias - Universidade Federal do Espírito Santo. Alegre, 2009.

MASSON, V.M. et al. Zoneamento climático do eucalipto no estado de São Paulo visando o controle da ferrugem. In: CONGRESSO PAULISTA DE FITOPATOLOGIA, 30, 2007, Jaguariúna. Anais...Jaguariuna, 2007. p. 67.

MASSON, M.V. **Ferrugem do eucalipto: planejamento evasivo, estimativa de dano e análise da viabilidade do controle químico**. 167f. Botucatu. Dissertação (Mestrado em Agronomia - Proteção de Plantas), Faculdade de CiênciasAgrônômicas - Universidade Estadual Paulista "Julio de Mesquita Filho". Botucatu, 2009.

RUIZ, R.A.R. et al. Influência da temperatura, do tempo de molhamento foliar, fotoperíodo e da intensidade de luz sobre a infecção de *Pucciniapsidii* em eucalipto. **Fitopatologia Brasileira**, Brasília, DF, v. 14, p. 55-61, 1989.

SILVA, P.H.M. et al. Selecting for rust (*Pucciniapsidii*) resistance in *Eucalyptus grandis* in São Paulo State, Brazil. **Forest Ecology and Management**, Amsterdam, v. 303, p. 91-97, 2013.

SANTOS, C.A.G. **Estudos epidemiológicos da ferrugem do eucalipto causado por *Pucciniapsidii* em plantios irrigados**. 2006. 75f. Dissertação (Mestrado em Proteção de Plantas), Faculdade de Ciências Agrônômicas, Universidade Estadual Paulista, Botucatu, 2006.

TAKAHASHI, S.S. **Ferrugem do eucalipto: Índice de infecção, análise temporal e estimativas de danos relacionadas a intensidade da doença no campo**. 2002. 101f. Dissertação (Mestrado em Proteção de Plantas)- Universidade Estadual Paulista Julio de Mesquita Filho, Botucatu, 2002.

THEOBALD, D.M. **GIS Concepts and ArcGIS Methods**, 3.ed. Fort Collins: Conservation Planning Technologies, 2007.

UNIVERSIDADE ESTADUAL PAULISTA. Coordenadoria Geral de Bibliotecas. Grupo de Trabalho Normalização Documentária da UNESP. **Normalização documentária para a**

produção científica da UNESP: normas para apresentação de referências segundo a NBR 6023:2002 da ABNT. São Paulo, 2003. Disponível em: <<http://www.biblioteca.unesp.br/pages/normalizacao.pdf>>. Acesso em: 21 set. 2013.

VALE, F.X.R. et al. Influência do clima no desenvolvimento das doenças de plantas. In: VALE, F.X.R.; JESUS JUNIOR, W.C.; ZAMBOLIM, L. (Eds.). **Epidemiologia Aplicada ao Manejo de Doenças de Plantas**. Belo Horizonte: Perfil Editora, 2004, p. 47-88.v.1.

ZAMPROGNO, K.C. et al. Utilização de análise de segregantes agrupados na identificação de marcadores ligados a genes que controlam a resistência à ferrugem *Puccinia psidii* Winter em *Eucalyptus* sp. **Summa Phytopatologica**, Botucatu, v. 34, p. 253–255, 2008.

CAPÍTULO 2
MÉTODOS DE APLICAÇÃO DE FUNGICIDA NO CONTROLE DA
FERRUGEM DO EUCALIPTO EM CAMPO
FUNGICIDE APPLICATION METHODS TO EUCALYPTUS RUST
CONTROL IN THE FIELD.

RESUMO

A ferrugem do eucalipto, também conhecida como ferrugem das mirtáceas, causada pelo fungo *Puccinia psidii* Winter, é considerada uma das mais importantes doenças da cultura, principalmente pela sua influência no manejo, ocorrendo em plantios de até dois anos de idade, e por proporcionar danos significativos. O controle da ferrugem pode ser feito por meio de aplicação de fungicidas, colheita ou plantio de materiais suscetíveis em épocas ou regiões desfavoráveis à doença (escape pela época ou região) e plantio de materiais resistentes. O objetivo do presente trabalho foi avaliar três métodos de aplicação de fungicida no controle da ferrugem do eucalipto e sua viabilidade econômica. O ensaio foi conduzido em fazenda de plantio comercial de eucalipto, localizada em Itatinga/SP, nas coordenadas geográficas Lat: 23° 04'16,04" S e Long 48° 39' 44" W. A espécie utilizada foi de *Eucalyptus grandis* em condução de rebrota com 6 meses de idade, com espaçamento entre plantas de 3 x 2 m. O ensaio foi realizado em blocos casualizados, com 4 tratamentos e 4 repetições, sendo as dimensões das parcelas 75x500, 54x150, 6x90, 6x90m para aplicação aérea, canhão (tratorizado), pulverizador costal (manual) e testemunha, respectivamente. Foram avaliados a deposição das gotas/cm², severidade da ferrugem e o desenvolvimento das plantas após 3 anos da aplicação dos tratamentos, para realizar o estudo da viabilidade econômica. Os resultados foram submetidos à análise de variância e comparados pelo Teste de Tukey (p<0,05). Também foram calculadas a Eficiência Relativa (ER) e área abaixo da curva de progresso da doença (AACPD). Todos os métodos de aplicação apresentaram níveis satisfatórios de

controle para ferrugem do eucalipto, com Eficiência Relativa (ER) acima de 80% em todas as avaliações. A aplicação com pulverizador costal (manual) apresentou a melhor deposição de gotas com cobertura média de 289 gotas/cm², seguido dos tratamentos canhão (tratorizado) e aéreo com 157 e 73 gotas/cm². Houve diferença significativa para o incremento de produtividade entre a testemunha e os tratamentos, sendo a diferença entre eles de 68,21; 76,19 e 67,27 m³/ha, para os métodos de aplicação costal (manual), canhão (tratorizado) e aéreo, respectivamente. O uso de fungicida, bem como de todos os métodos de aplicação, apresentou viabilidade econômica para o controle da ferrugem do eucalipto.

Palavras-chave: Controle químico, *Puccinia psidii*, *Eucalyptus*, viabilidade econômica, danos, perdas.

SUMMARY

Eucalyptus rust also known as Myrtacea rust, caused by the fungus *Puccinia psidii* Winter, is one of the most important disease of eucalyptus culture, mainly because its influence on the management, occurring in plantations under two years of age and provide significant damage. The rust control can be done through the fungicide application, harvesting or planting of susceptible material in unfavorable times and regions to the disease occurrence (escape by the time and region) and, planting resistant material. Our goals were to evaluate three fungicides application methods on eucalyptus rust control and the economic viability. The trial was conducted in a commercial eucalyptus planting farm, located in Itatinga/SP, the geographical coordinates Lat: 23 ° 04'16, 04 "S Long 48 ° 39 '44" W. The specie used was *Eucalyptus grandis* in regrowth conduction with 6 months age, with spacing 3 x 2 m between plants. The trial was made in randomized blocs with 4 treatments and, 4 repetitions, being the parcel dimensions 75x500m, 54x150m, 6x90m, 6x90 to aerial, cannon (trailed) and costal sprayer (manual) applications e control treatment, respectably. The drops deposition/ cm², rust severity and the plants development after were evaluated 3 year of treatments application, to evaluate the economic viability study. The results were submitted to variance analysis and compared by Tukey Test (p<0,05), also were calculated the relative efficiency (RE) and the area under the curve progress disease (AUCPD). All application methods showed satisfactory control levels to eucalyptus rust, relative efficiency above 80% in all evaluations. The costal sprayer (manual) application showed the best droplets deposition with average coverage of 289droplets / cm², followed by treatments cannon (trailed)

and aerial with 157 and 73 droplets / cm². There was significant difference in yield increase between the control treatment and the others treatments, being the difference between them 68,21; 76,19; 67,27 m³/ha, for the applications methods costal, cannon and aerial, respectively. The fungicide use and all application methods showed economic viability to eucalyptus rust control.

Key-words: chemical control, *Pucciniaapsidii*, economic viability, damages, loss.

1-INTRODUÇÃO

A cultura do eucalipto apresentou um aumento de 36,20% de área plantada, comparando o ano de 2006 com o ano de 2012, totalizando 5,1 milhões de hectares. Em função das condições edafo-climáticas e do nível tecnológico adotado, o setor florestal brasileiro é um dos mais competitivos do mundo (ABRAF, 2013).

Com o aumento de áreas plantadas, constituída principalmente de plantios homogêneos e com restrição da base genética, há uma pressão de seleção de patógenos, que quebram a resistência do hospedeiro, tornando-o suscetível (FURTADO et al., 2013). Plantios de materiais resistentes para algumas doenças do eucalipto, como por exemplo, para ferrugem, são utilizados com eficiência e baixo custo para o produtor, porém, quando ocorre a quebra da resistência, existe a necessidade de medidas alternativas para o controle (MASSON et al., 2013; FURTADO et al., 2013).

A ferrugem do eucalipto, também conhecida como ferrugem das mirtáceas, causada pelo fungo *Puccinia psidii* Winter, é considerada uma das mais importantes doenças da cultura, principalmente pela sua influência no manejo, ocorrendo em plantios de até dois anos de idade e o nível de dano, que pode chegar de 18 a 50% (TAKAHASHI, 2002; SANTOS, 2006; MASSON, 2009; FURTADO et al., 2009; MORAES et al., 2012b). O controle da ferrugem pode ser feito por meio de aplicação de fungicidas, colheita ou plantio de materiais suscetíveis em épocas ou regiões desfavoráveis à doença (escape pela época ou região) e plantio de materiais resistentes (MORAES et al., 2014).

O controle químico da ferrugem do eucalipto, principalmente com o uso de triazóis e estrobilurinas, é uma ferramenta útil para o manejo da doença, uma vez que, pode possibilitar a utilização de clones altamente produtivos, porém suscetíveis à doença, tanto em condições de plantio, quanto em viveiro, apresentando níveis satisfatórios de controle, reduzindo a intensidade da doença no campo e conseqüentemente, danos e perdas (ZAUZA et al., 2008; FURTADO; MORAES, 2010; MORAES et al., 2010; FURTADO; MORAES, 2011; MASSON et al., 2011; SANTOS; AUER, 2011; MORAES et al., 2012a; MASSON et al., 2013; FURTADO et al., 2013).

A tecnologia de aplicação constitui-se uma área de grande importância para programas de controle de doenças de plantas (AZEVEDO, 2003). Nos atuais conceitos de aplicação de defensivos, são quatro os pontos a serem considerados como fundamentais, para obter pleno êxito, tanto na preservação das colheitas, quanto na redução de ataques de pragas e patógenos: momento oportuno, cobertura, dose e segurança (OZEKI; KUNZ, 1998). Além disso, deve-se considerar, ainda, a influência dos fatores biológicos, meteorológicos e agrônômicos, nem sempre previsíveis (AZEVEDO, 2003).

Os métodos de aplicação mais utilizados são aplicação aérea, tratorizada e costal manual ou motorizada. Sempre houve uma dúvida sobre qual método de aplicação é mais eficiente para a aplicação de defensivos agrícolas. As aplicações por vias aérea e terrestre podem ser complementares, não sendo necessariamente concorrente devido às suas peculiaridades, tanto do ponto de vista técnico como operacional, tornando o conhecimento dos seus diferenciais fundamentais para a tomada de decisão de quando adotar uma ou outra tecnologia (SCHRÖDER, 2007).

O sucesso para qualquer controle químico está ligado diretamente ao uso de um bom produto, equipamentos regulados e momento certo de controle. Desta forma, o presente trabalho teve como objetivo avaliar três métodos de aplicação de fungicida no controle da ferrugem do eucalipto e sua viabilidade econômica.

2-MATERIAL E MÉTODOS

2.1- Avaliação dos métodos de aplicação

O ensaio foi conduzido em fazenda de plantio comercial de eucalipto, localizada em Itatinga/SP, nas coordenadas geográficas Lat: 23°04'16,04" S e Long 48°39'44" W. A espécie utilizada foi de *Eucalyptus grandis*, em condução de rebrota, com 6 meses de idade, com espaçamento entre plantas de 3 x 2 m. O período de condução do ensaio de eficiência foi de 24 de fevereiro a 08 de abril de 2011.

As aplicações ocorreram nas datas 24 de fevereiro e 10 de março de 2011, com intervalo de 14 dias. O ensaio foi realizado em blocos casualizados, com 4 tratamentos e 4 repetições, sendo as dimensões das parcelas 75x500, 54x150, 6x90, 6x90m para aplicação aérea, canhão (tratorizado), pulverizador costal (manual) e testemunha, respectivamente. Foram instalados 5 pontos amostrais/parcela, constituídos de 6 plantas cada.

O manejo utilizado foi o mesmo conduzido pela empresa, exceto o uso de produtos químicos, sendo os tratamentos descritos abaixo (Tabela 1). Foram utilizadas condições naturais de epidemia da ferrugem.

Tabela 1- Descrição dos tratamentos, ingrediente ativo, concentração, tipo de formulação, dosagem (produto comercial) e forma de aplicação utilizada para avaliação da eficiência dos métodos de aplicação de fungicida no controle da ferrugem do eucalipto em campo. Itatinga-SP, 2011.

Tratamento	Ingrediente ativo	Concentração. (g/L)	Tipo de formulação	Dosagem P.C. mL/ha	Forma de aplicação
Testemunha	-	-	-	-	-
Costal	AZ+CCZ	200 + 80	SC	450*	Pulverização
Canhão	AZ+CCZ	200 + 80	SC	450	Pulverização
Aéreo	AZ+CCZ	200 + 80	SC	450	Pulverização

AZ: Azoxystrobina; CCZ: Ciproconazol; SC: Suspensão concentrada. P.C.: Produto comercial. *A dose utilizada é a sugerida pelo fabricante.

O volume de calda para aplicação foi de 20 L/ha para aplicação aérea, 333 L/ha para aplicação com canhão jacto e de 200 L/ha para aplicação com pulverizador costal. Para a aplicação aérea foi utilizada uma aeronave Ipanema, equipada com as pontas D8 e DC45, com uma faixa de aplicação de 15,0 m. Para aplicação canhão (tratorizada) foi utilizado canhão Jacto com capacidade de 600 L, com bico rotativo, com uma faixa de aplicação de 9 m e para a aplicação com costal (manual) foi utilizado pulverizador costal Jacto modelo PJH, Bico Cone Cheio JA-2 Inox, à pressão constante de 40 lb.pol⁻².

A primeira aplicação teve início no dia 24/02/2011, às 9:00 horas da manhã, com dia claro, UR = 70%, temperatura=24°C, a velocidade do vento = 3,6 km/h, e o final da aplicação dos tratamentos se deu às 11:30 horas. A segunda aplicação teve início no dia 10/03/2011, às 9:00 horas da manhã, com dia claro, UR = 75%, temperatura=21°C, a velocidade do vento = 4,7 km.h⁻¹, e o final da aplicação dos tratamentos se deu às 11:00 horas.

Para avaliação da deposição de gotas, foram instalados papéis hidrossensíveis (Syngenta), em 3 plantas escolhidas ao acaso por tratamento na primeira aplicação, sendo alocados na face voltada para o vento e na face oposta. Para aplicação com pulverizador costal, os papéis foram colocados apenas em uma face, pois a aplicação foi realizada cobrindo toda a planta. A quantificação das gotas depositadas por cm² seguiu a recomendação de Shikwati (2011).

Avaliou-se a ferrugem do eucalipto em campo utilizando a escala de notas proposta por Zamprogno et al. (2008), convertendo-a em severidade, sendo

avaliada a brotação com maior severidade em cada planta dos pontos amostrais. Foram realizadas 7 avaliações, efetuadas semanalmente após o início do experimento (Tabela 2).

Tabela 2- Data das avaliações da eficiência de métodos de aplicação de fungicida no controle da ferrugem do eucalipto em campo. Itatinga-SP, 24/02/2011 a 08/04/2011.

Avaliações	Data
1° Avaliação	24/fev
2° Avaliação	04/mar
3° Avaliação	10/mar
4° Avaliação	18/mar
5° Avaliação	25/mar
6° Avaliação	01/abr
7° Avaliação	08/abr

Os resultados foram submetidos à análise de variância e comparados pelo Teste de Tukey ($p < 0,05$), utilizando o software SASM Agri (CANTERI et al., 2001). A Eficiência Relativa (ER) foi calculada pela fórmula adaptada de Henderson e Tilton (1955),

$$ER = \left(1 - \frac{P}{T}\right) * 100$$

em que: P – incidência ou severidade da doença em cada tratamento avaliado, T – incidência ou severidade da doença no tratamento Testemunha.

Com base também nessas variáveis, foi calculada a área abaixo da curva de progresso da doença (AACPD) (CAMPBELL; MADDEN, 1990),

$$AACPD = \sum \left[\frac{Y_{i+1} + Y_i}{2} \right] [X_{i+1} - X_i]$$

Em que: Y_i = média de doença (por unidade de tempo) na i - enésima observação; X_i = tempo em (dias) na i - enésima observação e, n = número total de observações. Foi gerada a curva de progresso da doença com severidade versus tempo (BERGAMIN FILHO; AMORIN, 1996).

2.2-Desenvolvimento das plantas

Para avaliar o desenvolvimento das plantas, tomaram-se as medidas de altura das plantas (m), utilizando Clinômetro Haglöf e dap (diâmetro à altura do peito expresso em cm), com auxílio de uma Suta Mantax Blue.

Foram avaliadas 5 plantas por repetição, totalizando 20 plantas por tratamento, selecionadas de acordo com a uniformidade da parcela, no dia 27 de setembro de 2013, com idade das plantas de 3 anos. A produção individual, em metros cúbicos, foi calculada utilizando a seguinte fórmula (TAKAHASHI, 2002):

$$V_i = \frac{\pi(\text{dap})^2 \times H_t \times f}{4}$$

Em que:

V_i = volume individual do tronco (m^3)

dap = diâmetro à altura do peito (m)

H_t = Altura total (m)

f = fator de forma

O fator de forma (f) de um maciço florestal é determinado através da média aritmética dos fatores de forma obtidos em diversas árvores amostradas ao longo do povoamento (VEIGA, 1984). O fator de forma utilizado na equação, no valor de 0,50; foi obtido por dados de inventário da empresa.

Com base no volume individual da árvore, obteve-se o volume real por hectare (V_{real}) em metros cúbicos, conforme indicado na fórmula seguinte (TAKAHASHI, 2002):

$$V_{\text{real}} = \frac{\sum V_i \times n_1}{n_2}$$

Em que:

V_{real} = volume (m^3/ha)

V_i = volume individual (m^3)

n_1 = número de árvores na parcela avaliada

n_2 = número de árvores por hectare

O volume real (V_{real}) é o volume obtido, em cada parcela, considerando-se as plantas doentes, em diferentes níveis. Estes valores foram extrapolados para 1 ha (1.500 plantas). A produtividade foi calculada com base no V_{real} dividido pela idade das plantas (3anos).

Foi realizado o cálculo do aumento da produtividade, em porcentagem, com a seguinte fórmula:

$$\frac{(P-T) \times 100}{T}$$

Em que:

P – Vreal de cada tratamento avaliado, T – Vreal no tratamento Testemunha.

2.3- Viabilidade econômica dos métodos de aplicação

Para a análise da viabilidade dos métodos de aplicação, realizou-se a cotação comercial dos valores do produto concentrado de mercado, custo da aplicação e valor do metro cúbico (m³) da madeira a ser realizado o corte, em setembro de 2013, em três diferentes distribuidores, extraíndo-se a média dos valores comerciais. Com isso, foram obtidos os seguintes valores:

Fungicida azoxystrobina+ciproconazol – R\$ 90,00/L

Custo Aplicação Costal – R\$ 200,00/ha

Custo Aplicação Canhão (tratorizada) – R\$ 45,00/ha

Custo Aplicação aérea – R\$ 29,00/ha

Metro cúbico da madeira – R\$ 35,00/m³

Com base nesses valores, foram calculados os ganhos de produtividade (R\$/ha) em 3 anos e o ganho líquido (R\$/ha), descontando o custo de controle (Custo da aplicação+custo do produto).

3-RESULTADOS

Na análise de severidade da ferrugem do eucalipto em campo para os diferentes métodos de aplicação e testemunha, não houve diferença significativa para avaliação prévia (antes da primeira aplicação) (Tabela 3). A partir da segunda avaliação (04/março), não houve diferença entre os métodos de aplicação, diferindo apenas da testemunha (Tabela 3).

Tabela 3- Severidade média da ferrugem do eucalipto em porcentagem, sem aplicação e após a aplicação de fungicida, em condições de campo. Itatinga-SP, 2011.

Tratamento	Fungicida	Dosagem	Data da avaliação													
			24/fev	04/mar	10/mar	18/mar	25/mar	01/abr	08/abr							
Testemunha	-	-	8,42	a	7,50	a	5,83	a	5,21	a	4,17	a	5,00	a	5,63	a
Costal	AZ + CCZ	450 mL/ha	3,79	a	0,00	b	0,00	b	0,00	b	0,00	b	0,00	b	0,00	b
Canhão	AZ + CCZ	450 mL/ha	3,75	a	0,00	b	1,04	b	0,00	b	0,83	b	0,42	b	0,42	b
Aéreo	AZ + CCZ	450 mL/ha	4,21	a	0,42	b	0,63	b	0,00	b	0,83	b	0,63	b	0,42	b
CV (%)			82,98		30,47		79,88		60,5		90,41		62,6		54,57	

Médias seguidas por mesma letra, na coluna, não diferem entre si pelo Teste de Tukey ($p < 0,05$). AZ: azoxystrobina. CCZ: ciproconazol. Dados originais.

Todos os métodos de aplicação apresentaram níveis satisfatórios de controle para ferrugem do eucalipto, com Eficiência Relativa (ER) acima de 80% em todas as avaliações (Figura 1). O método de aplicação costal teve 100% ER após a primeira aplicação. Na segunda avaliação, após a primeira aplicação (10/março), observa-se uma redução da ER para os métodos de aplicação canhão e aéreo ficando entre 85 e 90%, respectivamente (Figura 1). Todos os métodos de aplicação apresentaram 100% de ER

sete dias após a segunda aplicação (18/março), mantendo-se acima de 80% até ao final das avaliações (Figura 1). O fungicida AZ+CCZ foi eficiente no controle da ferrugem do eucalipto na dose testada (Figura 1).

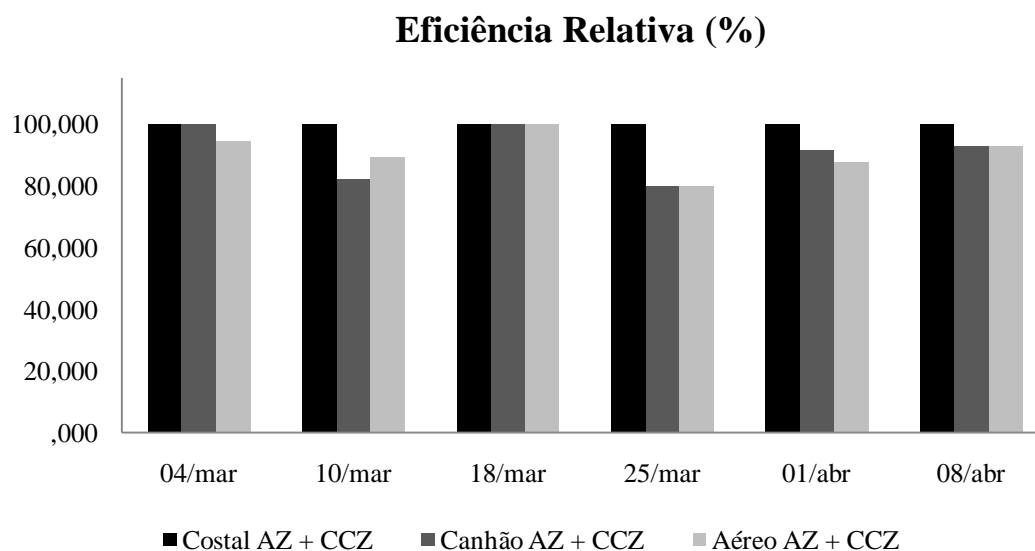
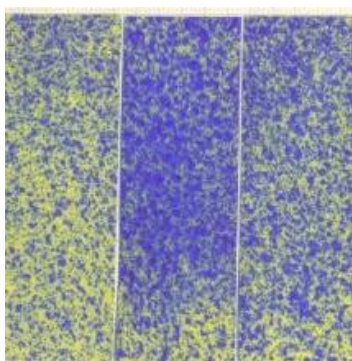


Figura 1-Valores obtidos pela fórmula de Eficiência Relativa (%) para diferentes métodos de aplicação de fungicida no controle da ferrugem do eucalipto em campo. Itatinga-SP, 2011.

A aplicação com pulverizador costal (manual) apresentou a melhor deposição de gotas com cobertura média de 289 gotas/cm², seguido dos tratamentos canhão (tratorizado) e aéreo com 157 e 73 gotas/cm², respectivamente (Figuras 2, 3 e 4). Os métodos de aplicação canhão e aéreo possibilitaram uma boa cobertura, porém o lado oposto ao vento recebeu menos produto do que a face frontal ao vento, devido ao efeito guarda chuva, provocado pela copa da planta (Figuras 3 e 4).

Planta

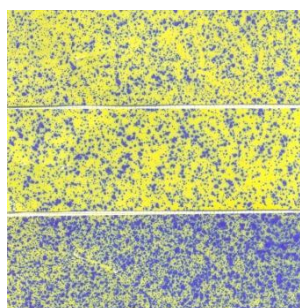


Cobertura média de
289 gotas/cm²



Figura 2 - Deposição de gotas no controle da ferrugem do eucalipto para pulverização com costal (manual). Itatinga-SP, 2011.

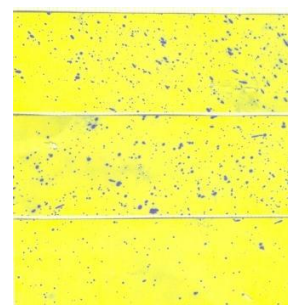
Face frontal ao vento



Cobertura média de
157 gotas/cm²



Face oposta ao vento



Cobertura média de
31 gotas/cm²

Figura 3 - Deposição de gotas no controle da ferrugem do eucalipto para pulverização com canhão (tratorizada). Itatinga-SP, 2011.

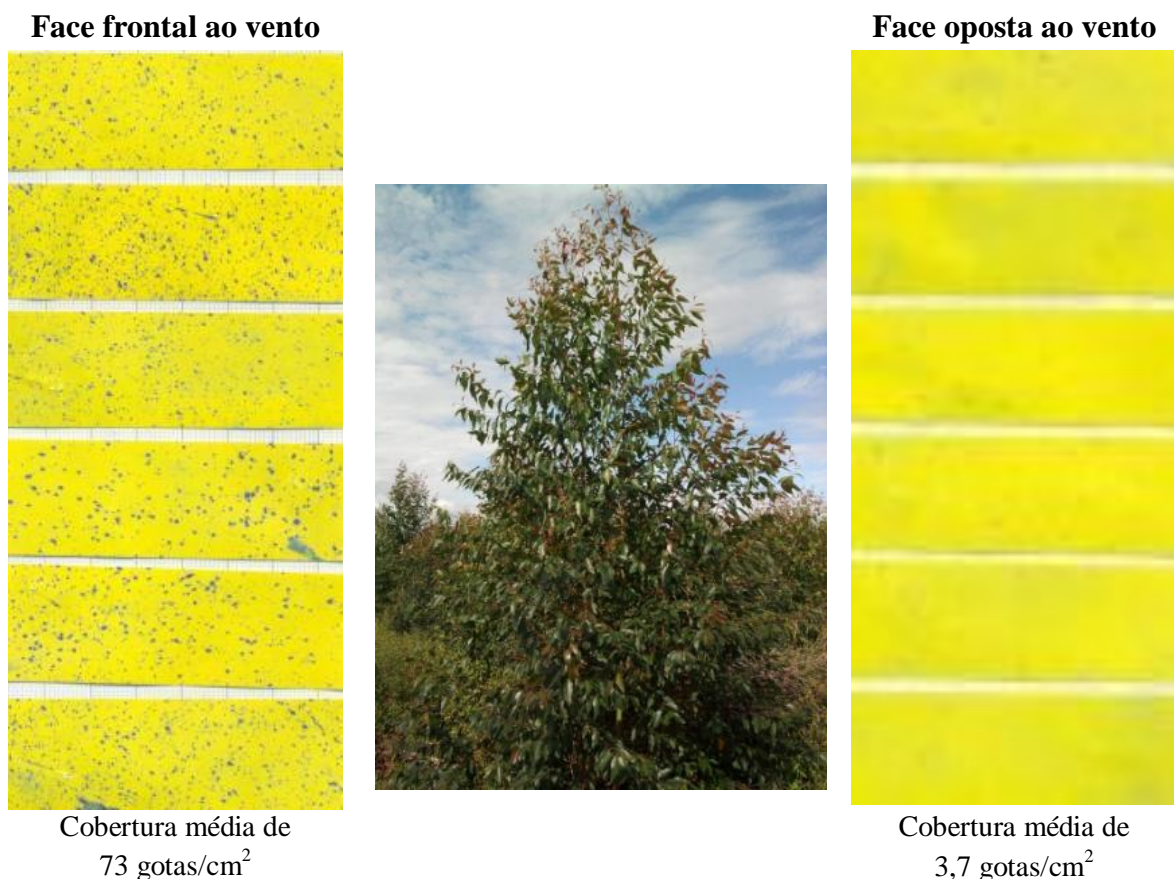


Figura 4 – Deposição de gotas no controle da ferrugem do eucalipto para pulverização aérea. Itatinga-SP, 2011.

Após a primeira aplicação, ocorreu uma redução da severidade da doença para níveis próximos a zero, para todos os métodos de aplicação (Figura 5). Houve uma redução natural da intensidade da doença até a quinta avaliação, a qual pode ser observada pela severidade da testemunha (Figura 5). A partir da quinta avaliação, ocorreu o aumento da severidade da doença no campo para testemunha, sendo que, para os métodos de aplicação, esses valores permaneceram próximos a zero (Figura 5). Houve diferença significativa entre AACPD da testemunha e dos demais tratamentos, não havendo diferenças entre os tratamentos (Figura 6). O valor AACPD da testemunha foi 721,82% maior que o valor da AACPD para o método de aplicação aéreo, o qual apresentou o maior valor entre os tratamentos (Figura 6).

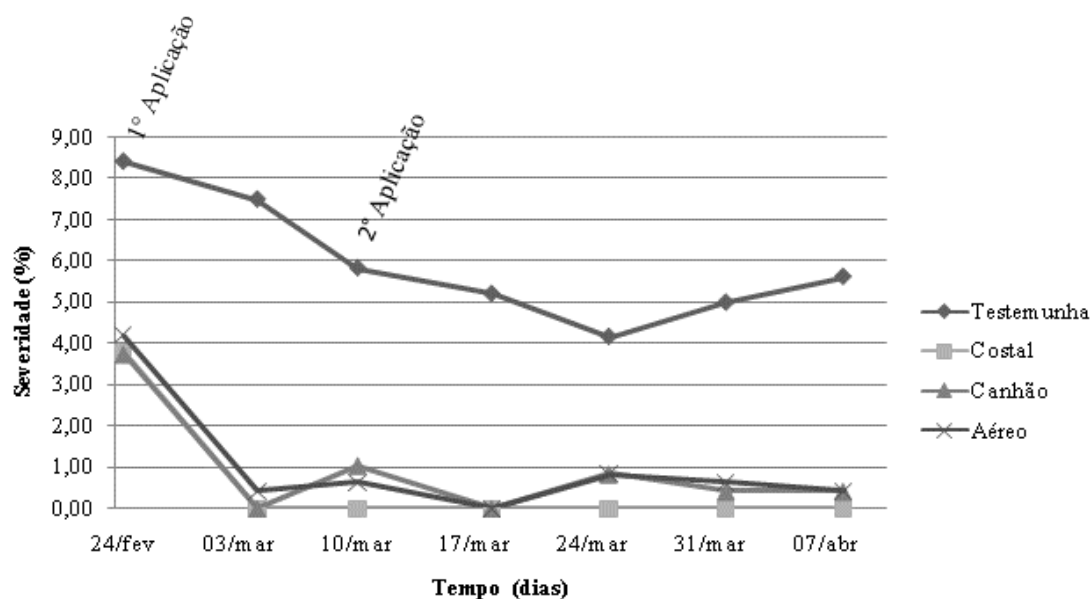


Figura 5- Curvas de progresso da ferrugem do eucalipto expresso em porcentagem de área foliar lesionada em função do tempo, para os diferentes métodos de aplicação de fungicidas, em condições de campo. Itatinga-SP, 2011.

AACPD

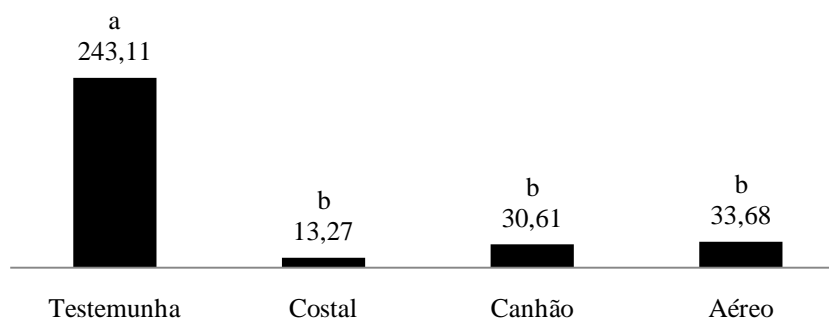


Figura 6 - Valores obtidos pela fórmula da Área Abaixo da Curva de Doença (AACPD) no controle da ferrugem do eucalipto em campo, com diferentes métodos de controle. Itatinga-SP, 2011. CV (%): 24,10

Houve diferença significativa para o incremento de produtividade entre a testemunha e os tratamentos, sendo a relação entre eles de 68,21; 76,19 e 67,27 m³/ha, para os métodos de aplicação costal (manual), canhão (tratorizado) e aéreo, respectivamente (Tabela 4). O maior custo/ha de método de aplicação foi para aplicação com costal, que foi de R\$ 481,00/ha para as 2 aplicações, obtendo-se um ganho líquido de R\$ 1906,35/ha, considerando-se o preço por m³ da madeira de R\$ 35,00 (Tabela 5). O método de aplicação aéreo obteve o menor custo de aplicação, sendo o maior ganho líquido para a aplicação com canhão, justificando assim o uso destes métodos de aplicação

de fungicidas na cultura do eucalipto para o controle da ferrugem (valores obtidos em setembro de 2013).

Tabela 4-Média da produtividade total, produtividade por ano e porcentagem do aumento de produtividade, das áreas com diferentes métodos de aplicação no controle da ferrugem do eucalipto em campo. Itatinga-SP, 2013.

Tratamento	Fungicida	Dosagem	Vr (m ³ /ha)		Vr (m ³ /ha/ano)	Aumento Vr (%)
Testemunha	-	-	80,42	a	26,81	0,00
Costal	AZ + CCZ	450 mL/ha	148,63	b	49,54	84,81
Canhão	AZ + CCZ	450 mL/ha	156,61	b	52,20	94,74
Aéreo	AZ + CCZ	450 mL/ha	147,69	b	49,23	83,65
CV (%)			12,75			

Médias seguidas por mesma letra na coluna, não diferente entre si pelo Teste de Tukey ($p < 0,05$).

Vr: Volume real. AZ:azoxystrobina. CCZ: ciproconazol. Dados originais.

Tabela 5 - Viabilidade econômica dos métodos de aplicação, ganho de produtividade e ganho líquido no controle da ferrugem do eucalipto em campo. Itatinga-SP, 2013.

Tratamento	Fungicida	Dosagem	CA* (R\$/ha)	CP* (R\$/ha)	CC* (R\$/ha)	CT** (R\$/ha)	GP (R\$/ha)	GL (R\$/ha)
Costal	AZ + CCZ	450 mL/ha	200,00	40,50	240,50	481,00	2.387,35	1.906,35
Canhão	AZ + CCZ	450 mL/ha	45,00	40,50	85,50	171,00	2.666,65	2.495,65
Aéreo	AZ + CCZ	450 mL/ha	29,00	40,50	69,50	139,00	2.354,45	2.215,45

AZ:azoxystrobina; CCZ: ciproconazol; CA: custo equipamento, combustível, salário operador; CP: custo do fungicida; CC: custo do controle (CA+CP); CT: custo total; GP: Ganho de Produtividade; GL: Ganho líquido. *1 aplicação; **2 aplicações.

4-DISCUSSÃO

O uso de fungicidas em espécies florestais é recente, como uma medida de manejo, sendo antes apenas utilizado em caráter emergencial, devido aos poucos estudos e à falta de conhecimento dos danos da ocorrência de doenças (FURTADO et al., 2013). Com desenvolvimento de trabalhos que observaram reduções significativas na produção (TAKAHASHI, 2002; SANTOS, 2006; MASSON, 2009; MORAES et al., 2012b), dada a ocorrência das doenças, principalmente a ferrugem do eucalipto, iniciaram-se trabalhos para avaliar a eficiência de fungicidas no controle da ferrugem do eucalipto (FURTADO et al., 2013; MASSON et al., 2013). A eficiência de fungicidas estrobilurinas e triazóis, ou de suas misturas para o controle da ferrugem do eucalipto, já foi comprovada por diversos trabalhos realizados, concordando com os resultados obtidos no presente estudo com o uso do fungicida azoxystrobina + ciproconazol (200 +80g i.a./L) (ZAUZA et al, 2008; FURTADO; MORAES, 2010; MORAES et al., 2010; FURTADO; MORAES, 2011; MARTINS et al., 2011; MASSON et al., 2011; SANTOS; AUER, 2011; MORAES et al., 2012a; FURTADO et al., 2013; MASSON et al., 2013).

Este estudo é o primeiro a avaliar a eficiência de um fungicida associado aos métodos de aplicação no controle da ferrugem do eucalipto. Os plantios de eucalipto geralmente são em grandes áreas, com dificuldades de acesso e locomoção dentro das áreas de plantios, dificultando, muitas vezes, as operações. Assim, o conhecimento sobre a eficiência dos métodos de aplicação e custos pode auxiliar os produtores na escolha de qual método utilizar, economizando tempo e dinheiro. Todos os

métodos de aplicação foram eficientes para o controle da ferrugem em campo, havendo uma diferença na deposição de gotas entre os tratamentos. Porém, foi possível observar que mesmo a aplicação aérea, a qual proporcionou um menor número de gotas, foi superior a exigência mínima para um tratamento com fungicida que é de 50 gotas/cm² (MATTHEWS, 2000), explicando o motivo de não haver diferença significativa na eficiência de controle entre os tratamentos. A diferença no volume de calda entre os tratamentos auxilia na explicação sobre a deposição de gotas, sendo que tratamentos com maior volume de calda apresentam maior densidade de gotas (SCHRÖDER, 2007; CUNHA et al., 2010). Vale ressaltar, que um menor volume de calda resulta em uma maior concentração de produto, sendo que na aplicação aérea, devido o menor volume (20 L/ha), há uma maior concentração do fungicida. Assim, apenas o uso da informação sobre deposição de gotas isoladamente, pode superestimar os usos dos tratamentos terrestres (costa e canhão), uma vez que fungicidas sistêmicos apresentam mobilidade na planta e desde que seja atendida a deposição mínima, a aplicação aérea apresenta eficiência de controle (CUNHA et al., 2010).

Para o controle da ferrugem do eucalipto utilizando o fungicida azoxystrobina + ciproconazol (200 +80g i.a./L), independente do método de aplicação observou-se uma redução dos valores de severidade da ferrugem a partir da segunda aplicação, tendo efeito curativo até 28 dias após a mesma (8 de abril). Moraes et al. (2012a) e Furtado et al. (2013) observaram, por um período de 21 dias após a última aplicação, o efeito curativo do fungicida azoxystrobina + ciproconazol (200 +80g i.a./L), com ER acima de 89%, em condições de campo. Zauza et al. (2008) avaliaram o fungicida azoxystrobina, obtendo 100% de ER até 21 dias e 94% em 28 dias para ferrugem do eucalipto em mudas, após a aplicação de fungicidas. Os fungicidas triazóis possuem penetração e translocação rápidas, ação curativa sobre infecções já iniciadas e reduzida perda por lixiviação (FORCELINI, 1994). Já os fungicidas estrobilurinas apresentam toxicidade para inibição da cadeia respiratória ao nível de complexo III, impedindo a cadeia bioquímica de transferência de elétrons no sítio da mitocôndria, interferindo na respiração dos fungos (BARTLETT et al., 2002).

O aumento da produtividade dos tratamentos comparado à testemunha pode ter sido influenciado por três motivos: redução da severidade da doença no início da epidemia; efeito “fitotônico” dos fungicidas e aumento da altura das plantas controladas tornando “escape” à doença. A ocorrência da ferrugem do eucalipto em áreas

sem controle causa danos de 18% a 50% (TAKAHASHI, 2002; SANTOS, 2006; MASSON, 2009; MORAES et al., 2012b), isto indica que o uso de fungicida, independente do método de aplicação proporcionou uma redução no dano. Fungicidas do grupo estrobilurinas apresentam efeito no crescimento de algumas culturas, proporcionando maior eficiência no uso da água e nitrogênio, retenção da clorofila, aumento da atividade antioxidante e, conseqüentemente, aumento da produtividade. Estes resultados são influenciados pela espécie cultivada, intensidade da doença e condições ambientais (WU; TIEDEMANN, 2001; VINCELLI, 2002; RUSKE et al., 2003; FAGAN et al., 2010; SCHERM et al., 2009; COSTA et al., 2012). Estudos que visem avaliar o efeito desse grupo de fungicidas isoladamente para cultura do eucalipto, devem ser incentivados para quantificar seu potencial aumento da produtividade na presença e ausência da doença. Zauzaet al. (2010) avaliaram a influência da altura na ocorrência da ferrugem, observaram que aos 4 metros de altura, havia uma redução significativa na intensidade da ferrugem nas plantas de eucalipto. Analisando a curva de progresso da doença (Figura 5), observa-se um aumento da severidade da ferrugem na testemunha nas últimas avaliações. Isto ocorre devido à favorabilidade das condições meteorológicas (dados não apresentados) para ocorrência da ferrugem. Esse aumento da severidade não ocorre para os diferentes métodos de aplicação, o que possibilita às plantas um melhor desenvolvimento, o que as favorece para chegarem à altura de “escape”, uma vez que a ferrugem ataca tecidos jovens e brotação, reduzindo o desenvolvimento das plantas (FURTADO et al., 2009).

Masson et al. (2011) analisaram a viabilidade econômica do uso de fungicidas no controle da ferrugem do eucalipto e verificaram classes de viabilidade dependendo da intensidade da ferrugem em campo. Chalfoun e Carvalho (1999) avaliaram o efeito de diferentes esquemas de aplicação de fungicidas para o controle da ferrugem do café, obtendo um aumento da produtividade de 343,48% para o tratamento cyproconazole (0,4%) + dissulfoton (10%) + óxido cuproso (80%). Cunha et al. (2010) compararam a aplicação aérea com a terrestre (tratorizada) para manchas foliares em milho, concluiu que a aplicação aérea proporcionou uma maior produtividade, o que pode ser justificado pela ausência do amassamento quando comparado com a aplicação terrestre (tratorizada). Os diferentes métodos de aplicação avaliados no presente estudo apresentaram viabilidade econômica para o controle da ferrugem do eucalipto em campo, sendo que a aplicação com canhão (tratorizada) apresentou maior ganho líquido. A aplicação com costal tem o

rendimento de 1 ha/homem/dia, enquanto a com canhão (tratorizada) de 40 ha/dia e a aérea de 400 a 600 ha/dia, dependendo da condição climática e distância da pista de pouso. O uso do método de aplicação deve levar em consideração o tamanho da área de plantio e a intensidade da doença no campo. Assim, para áreas de pequenos produtores o uso com pulverizador costal seria muito bem empregado, mesmo apresentando um custo mais alto e um menor ganho líquido. Para áreas de até 200 há, o uso do método de aplicação com canhão (tratorizado) pode ser utilizado, levando em torno de 5 dias para pulverizar a área. A partir de 200 ha o uso da aplicação aérea passa a ser favorável, principalmente pelo ganho de tempo, evitando o aumento da epidemia na área.

A aplicação aérea está se tornando cada vez mais um atrativo para o setor florestal, principalmente pela escassez de mão de obra e uso de profissionais especializados, permitindo uma completa regulamentação e fiscalização das atividades da aviação agrícola, tornando-a uma ferramenta segura e eficaz para a aplicação de agrotóxicos, com menores possibilidades de contaminação ambiental (FURTADO; MORAES, 2011). Além disso, permite tratar grandes áreas no momento adequado em um curto espaço de tempo, evitando o aumento das áreas com a ferrugem do eucalipto no campo. Apresenta uniformidade da aplicação muito boa, uma vez que a aplicação não sofre interferência com as irregularidades do terreno, o que pode ocorrer na aplicação tratorizada (FURTADO; MORAES, 2011).

As condições ambientais ótimas para a ferrugem do eucalipto são temperaturas em torno de 18 a 25°C e umidade relativa acima de 90% (FURTADO et al., 2009). Com a utilização da pulverização aérea, as áreas nos períodos chuvosos podem ser pulverizadas tão logo cesse a chuva, permitindo um controle no início da epidemia, reduzindo danos (redução na produtividade) e perdas (redução no valor financeiro), o que não ocorreria na operação tratorizada. Dentre as outras vantagens, podemos citar: ausência de danos à cultura pelo “amassamento” e compactação do solo; maior concentração do produto, uma vez que se utiliza baixo volume de pulverização; as gotas tendem a ter uma maior concentração do produto (FURTADO; MORAES, 2011). Vale ressaltar que tudo depende das condições em que o plantio está como: intensidade da doença, necessidade do curto espaço de tempo para pulverização, distância de pista de decolagem, entre outros. O custo da pulverização está relacionado diretamente com o tamanho da área, ou seja, quanto maior a área menor será o custo da pulverização aérea.

5- CONCLUSÕES

Não houve diferença entre os métodos de aplicação para os níveis de severidade da ferrugem.

O fungicida azoxystrobina+ciproconazol foi eficiente no controle da ferrugem do eucalipto.

Todos os métodos de aplicação apresentaram ER acima de 80%, em todas as avaliações.

O uso de fungicida, bem como, de todos os métodos de aplicação apresentaram viabilidade econômica para o controle da ferrugem do eucalipto, com ganho líquido de R\$ 1.906,35, R\$ 2.495,65, R\$ 2.215,45, para o método de aplicação costal (manual), canhão (tratorizada) e aérea, respectivamente.

6- REFERÊNCIAS

ABRAF - Associação Brasileira de Produtores de Florestas Plantadas, 2013. **Anuário Estatístico - ano base 2012**, ABRAF- 2013. Disponível em: <www.abraflor.org/estatística/anuário>. Acesso em: 07 out. 2013.

AZEVEDO, L.A.S. **Qualidade de aplicação de fungicidas protetores** – Fungicidas protetores: fundamentos para o uso racional. Campinas: Camopi, 2003. 132p.

BARTLETT, D.W. et al. The strobilurin fungicides. **Pest Management Science**, Sussex, v. 58, p. 649-662, 2002.

BERGAMIN FILHO, A.; AMORIN, L. **Doenças de plantas tropicais: epidemiologia e controle econômico**. São Paulo: Editora Agronômica Ceres, 1996. p.79-97.

CAMPBELL C.L.; MADDEN L.V. **Introduction to plant disease epidemiology**. New York John Wiley & Sons, 1990, 532p.

CANTERI, M. G. et al. SASM - AGRI : Sistema para análise e separação de médias em experimentos agrícolas pelos métodos Scott - Knott, Tukey e Duncan. **Revista Brasileira de Agrocomputação**, Ponta Grossa, v.1, n.2, p.18-24. 2001.

CHALFOUN, S.M.; CARVALHO, V.L. Controle químico da ferrugem (*Hemileiavastatrix* Berk & Br.) do cafeeiro através de diferentes esquemas de aplicação. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v.34, n.3, p.363-367, mar. 1999.

COSTA, R.V. et al. Viabilidade técnica e econômica da aplicação de estrobilurinas em milho. **Tropical Plant Pathology**, Brasília, v.37, n.4, pp. 246-254, 2012.

CUNHA, J.P.A.R. et al. Aplicação aérea e terrestre de fungicida para o controle de doenças do milho. **Revista Ciência Agronômica**, Fortaleza, v. 41, n. 3, p. 366-372, 2010.

FAGAN, E.B. et al. Efeito da aplicação de piraclostrobina na taxa fotossintética, respiração, atividade da enzima nitrato redutase e produtividade de grãos de soja. **Bragantia**, Piracicaba, v. 69, p. 771-777, 2010.

FORCELLINI, C.A. Fungicidas inibidores da síntese de esteróis. I. Tiazoles. **Revisão Anual de Patologia de Plantas**, Passo Fundo, v.2, p.335-355, 1994.

FURTADO, E.L.; MORAES, W.B.; MASSON, M.V. Uso de fungicidas no manejo integrado de doenças em espécies florestais. In: NEFIT (Org.). **Patologia Florestal: desafios e perspectivas**. 1 Ed. São Carlos: Suprema Gráfica e Editora, 2013. p. 351-371. v.1.

FURTADO, E.L.; MORAES, W.B. Controle químico de doenças do eucalipto. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE FITOPATOLOGIA, 43, 2010, Cuiabá. **Anais...** Cuiabá, 2010. p. 90-91.

FURTADO, E.L.; MORAES, W.B. Pulverização aérea é eficiente no controle da ferrugem do eucalipto? **Revista Campo & Negócios**, Uberlândia/MG, p. 88 – 89, 2011.

FURTADO, E.L. et al. **Doenças do Eucalipto no Brasil**. Botucatu: FEPAF, 2009. 74p.

HENDERSON, C.F.; TILTON, E.W. Tests with acaricides against the brown wheat mite. **Journal of Economic Entomology**, Baltimore, v. 48, n. 2, p. 157-161, 1955.

MARTINS, M.V.V. et al. Chemical control of guava rust (*Pucciniaapsidii*) in the Northern Region of Rio de Janeiro State, Brazil. **Australasian Plant Pathology**, Auckland, v. 40, p.48-54, 2011.

MATTHEWS, G. A. **Pesticide application methods**. 3. Ed. London: Blackwell, 2000. 432 p.

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

MASSON, M.V.; MORAES, W.B.; FURTADO, E.L. Chemical Control of Eucalyptus Rust: Brazilian Experiences. In: NITA, M. (Org.). **Fungicides Showcases of Integrated Plant Disease Management from Around the World**. 1ed. Croácia: InTech, 2013, p. 117-134. v. 1.

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

MORAES, W.B. et al. Mapeamento de áreas de risco para ocorrência da ferrugem do eucalipto. **SummaPhytopathologica**, Botucatu, 2014. No prelo.

MORAES, W.B.; FURTADO, E.L.; SILVA, J.G. Controle químico da ferrugem do eucalipto em condições de viveiro e campo. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE FITOPATOLOGIA, 43, 2010, Cuiabá. **Anais...** Cuiabá, 2010. p. 114-114.

MORAES, W.B. et al. Eficiência de fungicidas no controle da ferrugem do eucalipto. In: CONGRESSO PAULISTA DE FITOPATOLOGIA, 35, 2012, Jaguariúna. **Anais...** Jaguariúna, 2012a, p. 220-220.

MORAES, W.B. et al. Quantificação de danos e relações entre severidade e produtividade no patossistema ferrugem do eucalipto. In: CONGRESSO PAULISTA DE FITOPATOLOGIA, 35, 2012, Jaguariúna. **Anais...** Jaguariúna, 2012b. p. 205-205.

OZEKI, Y.; KUNZ, R.P. Tecnologia de aplicação aérea – aspectos práticos. In: Guedes J.V.C. Dornelle S.H.B. (Eds.). **Tecnologia de segurança na aplicação de agrotóxicos: novas tecnologias**. Santa Maria: Departamento de Defesa Fitossanitária. 1998, p. 65-78.

RUSKE, R.E.; GOODING, M.J.; JONES, S.A. The effects of triazole and strobilurin fungicide programmes on nitrogen uptake, partitioning, remobilization and grain N accumulation in winter wheat cultivars. **Journal of Agricultural Science**, Cambridge, v. 140, p.395-407, 2003.

SANTOS, Á.F. AUER, C.G. **Controle químico da ferrugem do eucalipto em plantios jovens**. Colombo: EMBRAPA, 2011. 3p. (Comunicado Técnico, 274).

SANTOS, C.A.G. **Estudos epidemiológicos da ferrugem do eucalipto causado por *Puccinia psidii* em plantios irrigados**. 2006. 75f. Dissertação (Mestrado em Proteção de Plantas), Faculdade de Ciências Agrônomicas - Universidade Estadual Paulista, Botucatu, 2006.

SCHERM, H. et al. Quantitative review of fungicide efficacy trials for managing soybean rust in Brazil. **Crop Protection**, Guildford, v 28, p. 774-782, 2009.

SHIKWATI, J. **Spray Distribution.**

Disponível em: <<http://www.stewardshipcommunity.com/?id=323>>. Acesso 14 fev. 2011.

SCHRÖDER, E.P. Aplicação aérea de defensivos agrícolas com ênfase na qualidade. In: BORGES, L.D. (ED). **Tecnologia de aplicação de defensivos agrícolas**. Passo Fundo: Plantio Direto Eventos, 2007. p.105-113.

TAKAHASHI, S.S. **Ferrugem do eucalipto: Índice de infecção, análise temporal e estimativas de danos relacionadas a intensidade da doença no campo**. 2002. 101f.

Dissertação (Mestrado em Proteção de Plantas)- Universidade Estadual Paulista Julio de Mesquita Filho, Botucatu, 2002.

UNIVERSIDADE ESTADUAL PAULISTA. Coordenadoria Geral de Bibliotecas. Grupo de Trabalho Normalização Documentária da UNESP. **Normalização documentária para a produção científica da UNESP:** normas para apresentação de referências segundo a NBR 6023:2002 da ABNT. São Paulo, 2003. Disponível em: <<http://www.biblioteca.unesp.br/pages/normalizacao.pdf>>. Acesso em: 21 set. 2013.

VEIGA, R.A.A. **Dendrometria e inventário florestal**. Botucatu: Fundação de Estudos e Pesquisas Agrícolas e Florestais, 1984. 108p. (Boletim Didático, 1).

VINCELLI, P. Q. I. (strobilurin) fungicides: benefits and risks. **The Plant Health Instructor**, Athens, DOI: 10.1094/PHI-I-2002-0809-02, 2002.

WU, Y; TIEDEMANN, A.V. Physiological effect of azoxystrobin and epoxiconazole on senescence and the oxidative status of wheat. **Pesticide Biochemistry and Physiology**, San Diego, v.71, p.1-10, 2001.

ZAMPROGNO, K.C. et al. Utilização de análise de segregantes agrupados na identificação de marcadores ligados a genes que controlam a resistência à ferrugem *Puccinia psidii* Winter em *Eucalyptus* sp. **Summa Phytopatologica**, Botucatu, v. 34, p. 253–255, 2008.

ZAUZA, E.A.V. et al. Vertical spread of *Puccinia psidii* urediniospores and development of eucalyptus rust at different heights. **Australasian Plant Pathology**, Auckland, v.39, p. 141–145, 2010.

ZAUZA, E.A.V. et al. Eficiência de fungicidas sistêmicos no controle da ferrugem do *Eucalyptus*. **Revista Árvore**, Viçosa, v. 32, p. 829–835, 2008.