

**UFRRJ**  
**INSTITUTO DE BIOLOGIA**  
**PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM**  
**FITOSSANIDADE E BIOTECNOLOGIA APLICADA**

**DISSERTAÇÃO**

**Quantificação da Resistência Parcial em Espécies de**  
**Eucalipto à Ferrugem (*Puccinia Psidii* Winter)**

**Diene Elen Miranda da Silva**

**2012**



**UNIVERSIDADE FEDERAL RURAL DO RIO DE JANEIRO  
INSTITUTO DE BIOLOGIA  
DEPARTAMENTO DE ENTOMOLOGIA E FITOPATOLOGIA  
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM FITOSSANIDADE E  
BIOTECNOLOGIA APLICADA**

**QUANTIFICAÇÃO DA RESISTÊNCIA PARCIAL EM ESPÉCIES DE  
EUCALIPTO À FERRUGEM (*Puccinia psidii* Winter)**

**DIENE ELEN MIRANDA DA SILVA**

*Sob a Orientação do Professor*

**Luís Antônio Siqueira de Azevedo**

Dissertação submetida como requisito parcial para obtenção do grau de **Mestre em Ciências**, no Programa de Pós-Graduação em Fitossanidade e Biotecnologia Aplicada, Área de Concentração em **Fitopatologia Aplicada**.

Seropédica, RJ  
Agosto de 2012

Ficha catalográfica

583.766

S586q

Silva, Diene Elen Miranda da, 1986-

T

Quantificação da resistência parcial em espécies de eucalipto à ferrugem (*Puccinia psidii* Winter) / Diene Elen Miranda da Silva - 2012.

54 f.: il.

Orientador: Luís Antônio Siqueira de Azevedo.

Dissertação (mestrado) - Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro, Curso de Pós-Graduação em Fitossanidade e Biotecnologia Aplicada.

Bibliografia: f. 34-41.

1. Eucalipto - Doenças - Teses. 2. *Puccinia psidii* - Teses. 3. Mirtáceas - Teses. I. Azevedo, Luís Antônio Siqueira de, 1955-. II. Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro. Curso de Pós-Graduação em Fitossanidade e Biotecnologia Aplicada. III. Título.

“Permitida a cópia total ou parcial deste documento, desde que citada a fonte – A autora”.

**UNIVERSIDADE FEDERAL RURAL DO RIO DE JANEIRO  
INSTITUTO DE BIOLOGIA  
DEPARTAMENTO DE ENTOMOLOGIA E FITOPATOLOGIA  
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM FITOSSANIDADE E BIOTECNOLOGIA  
APLICADA**

**QUANTIFICAÇÃO DA RESISTÊNCIA PARCIAL EM ESPÉCIES DE EUCALIPTO  
À FERRUGEM (*Puccinia psidii* Winter)**

**DIENE ELEN MIRANDA DA SILVA**

Dissertação submetida como requisito parcial para obtenção do grau de **Mestre em Ciências**, no Programa de Pós-Graduação em Fitossanidade e Biotecnologia Aplicada, Área de Concentração em **Fitopatologia Aplicada**.

DISSERTAÇÃO APROVADA EM 17/08/2012

BANCA EXAMINADORA:

---

Luís Antônio Siqueira de Azevedo. Dr. UFRRJ  
(Orientador)

---

Paulo Sérgio dos Santos Leles. Dr. UFRRJ

---

Jadier de Oliveira Cunha Junior. Dr. IFES

*“Ainda que eu falasse as línguas dos homens e dos anjos, e não tivesse amor, seria como o metal que soa ou como o címbalo que retine.*

*E ainda que tivesse o dom de profecia, e conhecesse todos os mistérios e toda a ciência, e ainda que tivesse toda fé, de maneira tal que transportasse os montes, e não tivesse amor, nada seria”.*

1 Coríntios 13: 1-2

*Aos meus pais, Sueli e Amarildo, que sempre me incentivaram e acreditaram em mim até mais do que eu mesma;*

*Ao meu irmão, Amarildo Junior, pela ajuda e companheirismo de todas as horas;*

*Ao meu noivo, Bruno Monteiro, que sempre me apoiou e esteve ao meu lado mesmo com a distância;*

*E aos filhos, que ainda não tenho, mas por quem busco uma vida melhor.*

**Dedico.**

## AGRADECIMENTOS

Primeiramente, à Deus pela presença constante em minha vida;

À Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro (UFRRJ) e o Programa de Pós-Graduação em Fitossanidade e Biotecnologia Aplicada por tornar possível a realização dessa etapa profissional;

À Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (CAPES) e o Programa de Apoio ao Plano de Reestruturação e Expansão das Universidades Federais (Reuni), pela concessão de bolsa;

Aos meus pais, Sueli Miranda e Amarildo Silva, que mesmo longe, sempre me apoiaram e incentivaram, por toda dedicação, amor, carinho e confiança;

Ao meu irmão Amarildo Junior, pelo incentivo, disponibilidade em ajudar sempre, amizade e carinho;

Ao meu noivo Bruno Monteiro, por estar sempre comigo apesar da distância, por apoiar e compreender minhas escolhas, por toda ajuda, paciência e amor;

Ao professor Luís Antônio Siqueira de Azevedo, pela orientação, conselhos, críticas e sugestões fundamentais no decorrer deste trabalho;

À professora Elen Menezes, pela confiança depositada em minha pessoa, por toda sua boa vontade e empenho buscando sempre o melhor desenvolvimento das pesquisas;

Ao professor Maurício Ballesteiro, pela imprescindível ajuda com as análises estatísticas;

Ao Instituto de Pesquisas e Estudos Florestais (IPEF), pela doação das sementes de eucalipto;

À amiga Tathianne Poltronieri, pela valiosa colaboração no desenvolvimento deste trabalho, pela amizade de velhos tempos e companheirismo nos momentos de alegria e dificuldades compartilhados;

Ao amigo Vinícius D'Ávila, pela convivência tornando meus fins de semana na Rural mais agradáveis e divertidos, e por toda ajuda com o meu experimento;

Ao estagiário e amigo Otávio Junior, que mesmo chegando aos 45 minutos do segundo tempo, contribuiu muito para o desenvolvimento dessa pesquisa;

Ao amigo e secretário da Pós-Graduação, Roberto Tadeu, pela disponibilidade de sempre e dedicação para com todos os mestrandos;

As amigas, Elaine Azevedo e Ivanete Ferreira, pela acolhida, carinho e indispensável companhia no dia-a-dia do laboratório;

Aos professores Carlos Inácio, Helena Montano e João Pedro Pimentel pela atenção, conselhos e ajuda no decorrer desta pesquisa;

Ao amigo e técnico de laboratório Hemyilson Porto, pela convivência e ajuda de sempre;

Aos amigos e companheiros de mestrado, Francisco Beltrão, Kandice Alencar, Mônica Lau, Natalia Sanglard e Rafaela Andrade, pela amizade, ajuda e inúmeros momentos de descontração;

Aos amigos, Janaína Gonçalves e Antônio Amorim, pela ajuda, apoio, por todos os jantares, pela amizade e momentos de descontração;

À amiga Luciana Assis, pela ajuda e apoio durante a instalação de vários experimentos;

Aos amigos, Arinaldo Silva, Bárbara Pereira, Carolina Santos, Edlene Moraes, Elielson Almeida, Iolanda Reis, Lorena Chagas, Luana Luz e Thyago Magnus pelo carinho, atenção e companheirismo de todas as horas;

Aos companheiros, João dos Reis, João José dos Santos, Jairo dos Santos e Ary Santiago pelo auxílio na casa de vegetação;

E a todos que colaboraram com meu trabalho de forma direta ou indireta.

## RESUMO

SILVA, Diene Elen Miranda da. **Quantificação da resistência parcial em espécies de eucalipto à ferrugem (*Puccinia psidii*)**. 2012. 54p. Dissertação (Mestrado em Fitossanidade e Biotecnologia Aplicada). Instituto de Biologia, Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro, Seropédica, RJ. 2012.

A incidência da ferrugem ocorre em mudas de viveiro e em plantas jovens no campo, essa doença causada por *Puccinia psidii* é uma das mais severas do eucalipto. O presente trabalho teve como objetivo quantificar a resistência parcial de dez espécies de *Eucalyptus*: *E. propinqua*, *E. citriodora*, *E. grandis*, *E. urophylla*, *E. microcorys*, *E. urograndis*, *E. robusta*, *E. saligna*, *E. dunni* e *E. phaeotricha* à ferrugem do eucalipto. Para isso foram conduzidos dois experimentos em casa de vegetação no Departamento de Entomologia e Fitopatologia da UFRRJ. Foram utilizadas 200 mudas de eucalipto com três meses de idade, obtidas a partir de sementes. O delineamento experimental utilizado foi inteiramente casualizado, com dez tratamentos e dez repetições, sendo uma planta por repetição. A inoculação foi realizada por meio da atomização de folhas com suspensão de uredosporos na concentração de  $2 \times 10^4$  esporos/mL, obtidos a partir de pústulas frescas. Em seguida, as mudas foram incubadas em câmara úmida e escura por 48h. Foram avaliados os parâmetros de resistência: número médio de pústulas por folíolo, severidade, período latente médio e AACPD. Os dados obtidos foram transformados em  $\sqrt{x + 0,5}$  e  $\arcsen \sqrt{x/100}$ , e submetidos à análise de variância e à comparação de médias pelo teste de Scott-Knott ao nível de 5% de probabilidade, por meio do software SAEG. Foram encontradas diferenças significativas entre as espécies de eucalipto para os parâmetros estudados. A espécie *E. urograndis* apresentou um menor número médio de pústulas por folíolo, menor severidade, maior período latente médio e valores menores da área abaixo da curva do progresso da doença, tendo dessa forma maior resistência parcial à ferrugem.

**Palavras-chave:** *Puccinia psidii*, ferrugem, eucalipto, resistência, Myrtaceae.

## ABSTRACT

SILVA, Diene Elen Miranda da. **Quantification of partial resistance of *Eucalyptus* species to rust (*Puccinia psidii* Winter)**. 2012. 54p. Dissertation (Master Science in Phytossanitary and Applied Biotechnology). Institute of Biology, Federal Rural University of Rio de Janeiro, Seropédica, RJ. 2012.

The incidence of rust occurs on nursery seedlings and plants in the field, this disease caused by of *Puccinia psidii* is the most severe on *Eucalyptus* tree. The objective of this work is to quantify the partial resistance of ten species of *Eucalyptus*: *E. propinqua*, *E. citriodora*, *E. grandis*, *E. urophylla*, *E. microcorys*, *E. urograndis*, *E. robusta*, *E. saligna*, *E. dunnii* and *E. phaeotricha* to eucalypt rust. For it some experiments were performed in greenhouse of Department of Entomology and Plant Pathology of UFRRJ. Were used 200 eucalypt seedlings of 3 months old obtained from seeds. The experimental design was totally randomized, with 10 treatments and 10 repetitions, with 1 plant to each repetition. The inoculation was performed by atomization of leaves with suspension of urediniospores in the concentration of  $2 \times 10^4$  spores/mL, obtained from fresh pustules. Later the seedlings were incubated in wet chamber in the dark by 48 hours. The parameters of resistance evaluated were: number of pustules by leaflet, severity, average latent period, AUDPC (area under the disease progress curve). The data obtained were transformed to  $\sqrt{x + 0,5}$  and  $\arcsen \sqrt{x/100}$ , and submitted to ANOVA and mean comparison by Scott-Knott test at 5% probability, using the software SAEG. Meaningful differences were found among the eucalypt species for the parameters studied. The species *E. urograndis* showed a lower average number of pustules per leaflet, lower severity, greater mean latent period and small values of AUDPC (area under the disease progress curve), thus showing greater partial resistance to the rust.

**Key words:** *Puccinia psidii*, rust, eucalypt, resistance, Myrtaceae.

## ÍNDICE DE TABELAS

<b>Tabela 1.</b> Espécies de eucalipto para a avaliação da resistência à <i>Puccinia psidii</i> em Seropédica - RJ.....	16
<b>Tabela 2.</b> Efeito de substratos, mantidos no escuro por 48 horas em 20°C, na germinação (%) de uredosporos de <i>Puccinia psidii</i> , no primeiro experimento. ....	19
<b>Tabela 3.</b> Efeito de substratos, mantidos no escuro por 48 horas em 20°C, na germinação (%) de uredosporos de <i>Puccinia psidii</i> , no segundo experimento.....	19
<b>Tabela 4.</b> Número médio de pústulas por folíolo, severidade e período latente médio de <i>Puccinia psidii</i> , em dez espécies de eucalipto, em condições de casa de vegetação, no primeiro experimento. ....	21
<b>Tabela 5.</b> Área abaixo da curva do progresso da doença de <i>Puccinia psidii</i> , dos parâmetros de número médio de pústulas e severidade, em dez espécies de eucalipto em condições de casa de vegetação, no primeiro experimento.....	23
<b>Tabela 6.</b> Número médio de pústulas por folíolo, severidade e período latente médio de <i>Puccinia psidii</i> , em dez espécies de eucalipto, em condições de casa de vegetação, no segundo experimento. ....	24
<b>Tabela 7.</b> Área abaixo da curva do progresso da doença de <i>Puccinia psidii</i> , dos parâmetros de número médio de pústulas e severidade, em dez espécies de eucalipto em condições de casa de vegetação, no segundo experimento. ....	28
<b>Tabela 8.</b> Correlação residual entre os parâmetros de resistência parcial à <i>Puccinia psidii</i> em casa de vegetação.....	28

## ÍNDICE DE FIGURAS

<b>Figura 1.</b> Histórico da área de plantios de <i>Eucalyptus</i> no Brasil, 2005-2011. ....	6
<b>Figura 2.</b> A e B – Sintomas e sinais de ferrugem em folhas e ramos de <i>E. urophylla</i> . ....	9
<b>Figura 3.</b> Produção das mudas de eucalipto. A – Mudas semeadas em tubetes; B – Plântulas com quatro cm de altura e C – muda identificada, numerada e etiquetada. ....	14
<b>Figura 4.</b> Escala de notas para avaliação da resistência à ferrugem do eucalipto ( <i>Eucalyptus sp.</i> ), com quatro classes de severidade: S0 = imunidade ou reação de hipersensibilidade do tipo “fleck” ou necrótico; S1 = pústulas < 0,8 mm de diâmetro; S2 = pústulas de 0,8 a 1,6 mm de diâmetro; e S3 = pústulas > 1,6 mm de diâmetro. Plantas nas classes de severidade S0 e S1 são consideradas resistentes, enquanto S2 e S3, suscetíveis. ....	18
<b>Figura 5.</b> Número médio de pústulas de <i>Puccinia psidii</i> , por folíolo, em dez espécies de eucalipto, em condição de casa de vegetação, no primeiro experimento. ....	21
<b>Figura 6.</b> Severidade (% da área foliar infectada) da ferrugem em dez espécies de eucalipto, em condições de casa de vegetação, no primeiro experimento. ....	22
<b>Figura 7.</b> Número médio de pústulas de <i>Puccinia psidii</i> , por folíolo, em dez espécies de eucalipto, em condição de casa de vegetação, no segundo experimento. ....	25
<b>Figura 8.</b> Severidade (% da área foliar infectada) da ferrugem em dez espécies de eucalipto, em condições de casa de vegetação, no segundo experimento. ....	26
<b>Figura 9.</b> Regressão da curva do progresso da ferrugem em <i>E. propinqua</i> . ....	29
<b>Figura 10.</b> Regressão da curva do progresso da ferrugem em <i>E. citriodora</i> . ....	30
<b>Figura 11.</b> Regressão da curva do progresso da ferrugem em <i>E. grandis</i> . ....	30
<b>Figura 12.</b> Regressão da curva do progresso da ferrugem em <i>E. urophylla</i> . ....	30
<b>Figura 13.</b> Regressão da curva do progresso da ferrugem em <i>E. microcorys</i> . ....	31
<b>Figura 14.</b> Regressão da curva do progresso da ferrugem em <i>E. urograndis</i> . ....	31
<b>Figura 15.</b> Regressão da curva do progresso da ferrugem em <i>E. robusta</i> . ....	31
<b>Figura 16.</b> Regressão da curva do progresso da ferrugem em <i>E. saligna</i> . ....	32
<b>Figura 17.</b> Regressão da curva do progresso da ferrugem em <i>E. dunnii</i> . ....	32
<b>Figura 18.</b> Regressão da curva do progresso da ferrugem em <i>E. phaeotricha</i> . ....	32

## LISTA DE ABREVIACOES E SÍMBOLOS

AACPD – rea abaixo da curva do progresso da doença

ADE – gua destilada esterilizada

BOD – Demanda Bioquímica de Oxignio

BRL – Real

IBGE – Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística

INF – ndice de Infecção

IPEF – Instituto de Pesquisa e Estudos Florestais

PIB – Produto Interno Bruto

PLM – Período latente médio

PUS - Pstula

SEV - Severidade

UFRRJ – Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro

USD – Dólar Americano

VBPF – Valor Bruto da Produção Florestal

## SUMÁRIO

<b>1 INTRODUÇÃO .....</b>	<b>1</b>
<b>2 REVISÃO DE LITERATURA.....</b>	<b>5</b>
2.1 A cultura do eucalipto e sua importância econômica .....	5
2.2 Descrição das espécies utilizadas .....	6
2.3 Resistência parcial .....	11
<b>3 MATERIAL E MÉTODOS .....</b>	<b>14</b>
3.1 Caracterização da área experimental .....	14
3.2 Produção das mudas de eucalipto .....	14
3.3 Obtenção e preparação do inóculo de <i>Puccinia psidii</i> .....	15
3.4 Teste de germinação “ <i>in vitro</i> ” de uredosporos .....	15
3.5 Avaliação da resistência parcial de espécies de eucalipto à ferrugem.....	15
3.5.1 Experimentos em casa de vegetação .....	15
<b>4 RESULTADOS E DISCUSSÃO .....</b>	<b>19</b>
4.1 Teste de germinação “ <i>in vitro</i> ” de uredosporos de <i>Puccinia psidii</i> .....	19
4.2 Avaliação da resistência parcial de espécies de eucalipto à ferrugem.....	20
4.2.1 Primeiro experimento (05/10/2011 a 01/11/2011).....	20
4.2.1.1 Número médio de pústulas por folíolo, severidade e período latente médio .	20
4.2.1.2 Área abaixo da curva do progresso da doença (AACPD).....	23
4.2.2 Segundo experimento (25/10/2011 a 21/11/2011).....	24
4.2.2.1 Número médio de pústulas por folíolo, severidade e período latente médio .	24
4.2.2.2 Área abaixo da curva do progresso da doença (AACPD).....	27
4.3 Correlação residual entre os parâmetros de resistência parcial .....	28
4.4 Curva de progresso da ferrugem nas espécies de eucalipto.....	29
<b>5 CONCLUSÕES.....</b>	<b>33</b>
<b>6 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS .....</b>	<b>34</b>

## 1 INTRODUÇÃO

O eucalipto é originário da Austrália, Indonésia e Papua Nova Guiné. A cultura é uma das mais importantes do Brasil, constituindo-se em fonte de energia e madeira renovável, além de passar por processos agroindústrias para a produção de papel, celulose e essências. Podendo ser utilizado, ainda, para fins paisagísticos, preservação de espécies nativas e recuperação de áreas degradadas (FURTADO et al., 2008). O eucalipto pertence à família Myrtaceae, com cerca de 700 espécies, tendo como características: rápido crescimento, produtividade alta, boa madeira, diversidade de espécies, ampla plasticidade e dispersão mundial (MORA; GARCIA, 2000; SANTOS et al., 2001).

O gênero *Eucalyptus* possui grande destaque no setor florestal, devido sua grande adaptabilidade a diversas condições de solos e climas, além do seu alto potencial como matéria prima para indústria madeireira e a produção de celulose e papel. Mundialmente, o eucalipto é o gênero mais plantado, com mais de 20 milhões de hectares (SBS, 2008; GIT FORESTRY, 2009).

No Brasil a eucaliptocultura é intensiva e baseada principalmente em florestas clonais formadas com materiais-elite e de elevada produtividade média (MORA; GARCIA, 2000). A área de plantio de *Eucalyptus* no Brasil é de aproximadamente 4,9 milhões hectares, na sua distribuição o segmento de papel e celulose concentra 71,2% da área plantada, seguido pelos segmentos de siderurgia a carvão vegetal (18,4%), painéis de madeira industrializada (6,8%) e produtores independentes (3,6%). Os estados de Minas Gerais, São Paulo, Bahia, Mato Grosso do Sul, Rio Grande do Sul, Espírito Santo e Paraná detêm 85,8% da área de plantio no Brasil. A maior concentração de plantios florestais nas regiões Sul e Sudeste do país (73,8%) se justifica em função da localização das principais unidades industriais (ABRAF, 2012).

Atualmente, o Brasil é o 3º maior produtor de celulose, a produção brasileira em 2011 chegou a 14 milhões de toneladas (BRACELPA, 2012). O setor de florestas plantadas no Brasil desempenha um papel importante no cenário sócio-econômico do país, contribuindo na geração de empregos, divisas e tributos, como também na geração de renda através de agregação de valor aos produtos florestais. (ABRAF, 2012).

A competitividade do Brasil em relação aos demais países produtores de eucalipto deve-se ao clima tropical, somado a pesquisa na geração de tecnologias, a disponibilidade de áreas para plantios e a taxa de crescimento das espécies dez vezes maior que a do hemisfério norte (ROXO, 2003).

Até a década de 70, considerava-se que os plantios de eucalipto eram livres de doenças. Entretanto com o avanço das áreas reflorestadas para regiões mais quentes e úmidas, o plantio de espécies mais produtivas, porém suscetíveis, e a utilização repetitiva de uma mesma área para plantio criaram condições favoráveis à ocorrência de doenças (JUNGHANS, 2000; FURTADO et al., 2008).

Existem várias doenças relatadas no Brasil em eucalipto e são relativamente frequentes os problemas de doenças em plantios comerciais (FERREIRA; MILANI, 2002; ALFENAS et al., 2004; ALFENAS; ZAUZA, 2007).

A ferrugem do eucalipto também chamada de ferrugem das mirtáceas, causada por *Puccinia psidii* Winter é umas das principais doenças da cultura, com potencial para causar

perdas em áreas tropicais e subtropicais do mundo que possuam florestas desta espécie (COUTINHO et al., 1998; ALFENAS et al., 2009). Desde a década de noventa, a doença vem sendo apontada como uma das principais da cultura, ocasionando severos danos às plantações, com redução na produção de celulose (MASSON et al., 2007).

Segundo Furtado e Santos (2001), a ferrugem do eucalipto é uma das doenças que mais preocupa o setor florestal, principalmente pelo aumento de sua ocorrência no território nacional e pelos danos causados. No Brasil, a ferrugem das mirtáceas constitui um sério problema principalmente devido a ocorrência de condições ambientais favoráveis praticamente durante todo o ano. Perdas econômicas de até 100% já foram registradas sobre espécies do gênero *Eucalyptus* (APARECIDO et al., 2003a).

A doença incide em mudas na fase de viveiro, plantas jovens com até dois anos de idade, ou até o estágio fenológico B e em brotações após o corte raso (FERREIRA; SILVA, 1982; FERREIRA, 1989). O patógeno ataca, preferencialmente, folhas jovens e terminais de galhos, causando deformações dos órgãos, perda de dominância apical e, provavelmente redução de crescimento (FERREIRA, 1983; KRUGNER; AUER, 2005). A doença caracteriza-se pela presença de pústulas de coloração amarela intensa sobre os órgãos infectados (ALFENAS et al., 2009).

As condições ambientais favoráveis à doença são temperatura na faixa de 18 a 25°C, sendo ótimo 23°C, períodos prolongados de molhamento foliar, orvalho noturno ou garoas por períodos superiores a 6 horas por cinco a sete dias consecutivos, e a existência de órgãos juvenis, folhas jovens e terminais de crescimento (RUIZ et al., 1989a). Em geral, quando as plantas atingem o estágio fenológico B, com cerca de três a quatro metros de altura, elas se tornam tolerantes à doença, provavelmente por causa da diminuição das condições favoráveis à infecção nas partes jovens suscetíveis (ALFENAS et al., 2004).

A incidência e severidade da doença variam em função da espécie e do genótipo do hospedeiro, região geográfica e época do ano, sendo particularmente exigente quanto às condições de microclima e existência de órgãos juvenis (ALFENAS et al., 2000).

O controle de *P. psidii* em eucalipto é baseado principalmente no uso de áreas de escape e de espécies ou progênies resistentes à doença.

A ampla variabilidade genética inter e intra-específica para resistência à ferrugem em *Eucalyptus* spp., permite o controle da doença por meio do plantio de clones, progênies ou espécies resistentes (ALFENAS et al., 2004).

Na resistência parcial, controlada geneticamente pela presença de muitos genes, observa-se uma distribuição contínua de graus de resistência entre as progênies, indo de altamente resistentes até altamente suscetíveis (CAMARGO, 2011).

Segundo Zauza et al. (2010), as espécies *E. grandis* e *E. urophylla*, possuem ampla variabilidade genética para resistência, apesar de serem consideradas como suscetível e resistente. As demais espécies *E. tereticornis*, *E. pellita* e *E. camaldulensis* são consideradas como resistentes e *E. globulus*, *E. nitens* e *E. cloeziana* como suscetíveis.

A seleção de genótipos para plantios comerciais ou programas de melhoramento tem como principais critérios, as características de crescimento e qualidade da madeira aliadas a resistência à ferrugem (FONSECA et al., 2010).

O presente trabalho foi realizado com o objetivo de avaliar a resistência parcial em dez espécies de eucalipto à ferrugem causada por *P. psidii* em condições de casa de vegetação.





## 2 REVISÃO DE LITERATURA

### 2.1 A cultura do eucalipto e sua importância econômica

O eucalipto é o gênero mais plantado no mundo, com mais de 20 milhões de hectares, o Brasil é o maior produtor com 21% da área total mundial, seguido pela Índia e China com 19 e 13%, respectivamente (GIT FORESTRY, 2009).

O gênero *Eucalyptus* pertence à família Myrtaceae e possui como centro de origem a Austrália e regiões próximas como Timor, Indonésia, Papua Nova Guiné, Molucas, Irian Jaya e sul das Filipinas, em uma faixa compreendida entre latitudes 9° N e 44° S (ELDRIDGE et al., 1993). Apresenta uma ampla plasticidade e dispersão mundial, crescendo satisfatoriamente em diferentes situações edafoclimáticas, extrapolando àquelas das regiões de origem (SANTOS et al., 2001). Existem cerca de 500 a 700 espécies de eucalipto descritas, além de muitas subespécies e alguns híbridos naturais (BERTOLUCCI et al., 1995).

No Brasil, o eucalipto tem sido extensivamente utilizado em plantios florestais, por diversas razões: pela grande plasticidade do gênero, devido à diversidade de espécies adaptadas a diferentes condições de clima e solo; pela elevada produção de sementes e facilidade de propagação vegetativa; pelas características silviculturais desejáveis, como rápido crescimento, produtividade e boa forma do fuste; em função do melhoramento genético e ao manejo e pela adequação aos mais diferentes usos industriais, com ampla aceitação no mercado (MORA; GARCIA, 2000; SILVA, 2005).

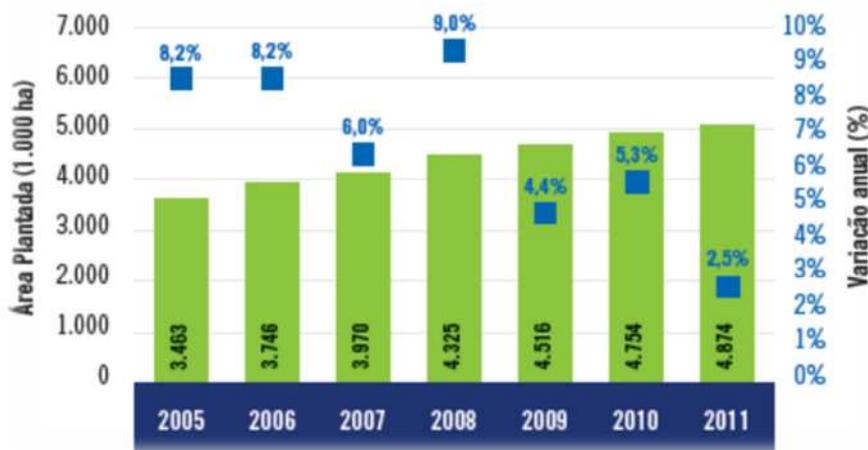
O setor de florestas plantadas contribui com uma parcela importante na geração de produtos, tributos, empregos e bem estar para a economia brasileira, sendo também estratégico no fornecimento de matéria-prima e produtos para a exportação e ainda contribui, de maneira direta na conservação e preservação dos recursos naturais (ABRAF, 2012).

Em 2011, o Valor Bruto da Produção Florestal (VBPF) do setor de florestas plantadas foi 4% maior em relação ao ano anterior, correspondendo a BRL 53,9 bilhões. O Valor Bruto da Produção dos segmentos Celulose e Papel, Painéis de Madeira Industrializada, Siderurgia de Carvão Vegetal, Indústria de Madeira Sólida e Indústria Moveleira atingiram a BRL 30,8 bilhões, BRL 5,5 bilhões, BRL 2,2 bilhões, BRL 5,2 bilhões e BRL 10,3 bilhões, respectivamente. O segmento de Celulose e Papel destacou-se como o setor que mais contribuiu para o VBPF nacional com 57,1%. Atualmente, o Brasil é o 3º maior produtor de celulose, superado pelos Estados Unidos e Canadá (ABRAF, 2012). No primeiro semestre de 2012, a produção brasileira de celulose chegou a aproximadamente 7 milhões de toneladas e a de papel a 5 milhões toneladas, de acordo Bracelpa (2012).

Segundo dados do IBGE em 2011, o PIB nacional cresceu 2,7% totalizando BRL 4,1 trilhões. Os tributos arrecadados pelos segmentos associados às florestas plantadas corresponderam a BRL 7,6 bilhões. O setor de florestas plantadas gerou ainda 4,7 milhões de emprego (5% da população economicamente ativa) e exportação de USD 7,97 bilhões, equivalente a 3,1% do total das exportações brasileiras (ABRAF, 2012).

A área de plantio de *Eucalyptus* no Brasil, em 2011, totalizou aproximadamente 4.873.952 ha, representando crescimento de 2,5% (119,617 ha) frente ao indicador de 2010 (Figura 1). O aumento da área plantada de *Eucalyptus* foi alavancado pelos investimentos de empresas nacionais do segmento de Papel e Celulose, sendo que as maiores expansões

ocorreram nos Estados do Tocantins, Mato Grosso do Sul, Paraná e Maranhão (ABRAF, 2012).



**Figura 1.** Histórico da área de plantios de *Eucalyptus* no Brasil, 2005-2011.

Fonte: Anuário ABRAF (2011), Associadas individuais e coletivas da ABRAF (2012) e diversas fontes compiladas por Pöyry Silviconsult (2012).

A eucaliptocultura brasileira é intensiva e baseada principalmente em florestas clonais formadas com materiais-elite e de elevada produtividade média, chegando a atingir valores da ordem de 45 a 60 m<sup>3</sup>/ha/ano (MORA; GARCIA, 2000). O processo de clonagem do eucalipto, a partir de árvores adultas teve início na década de 70 na região de Coff's Harbour, na Austrália, através da técnica de enraizamento de estacas de *E. grandis* obtidas de brotações colhidas no campo ou de mudas. A técnica de clonagem foi decisiva para o êxito dessa cultura em regiões quentes e úmidas, favoráveis à incidência de doenças. Com isso, possibilitou um grande impulso no setor florestal no Brasil, permitindo a formação de plantios homogêneos, resistentes a doenças e de alta produtividade (ALFENAS et al., 2004).

## 2.2 Descrição das espécies utilizadas

O *Eucalyptus citriodora* ou *Corymbia citriodora* possui uma madeira pesada, de alta estabilidade, baixa permeabilidade e regenera-se muito bem por brotações da cepa. Devido à qualidade da sua madeira é excelente para diversos usos como construção, caixotaria, postes, mourões, dormentes, lenha e carvão. Porém destaca-se a utilização das folhas dessa espécie como matéria prima na extração de óleo essencial (VIEIRA, 2004).

*Eucalyptus grandis* apresenta rápido crescimento, alta produtividade, regenera-se bem através das brotações das cepas, é a espécie mais plantada no mundo devido às suas características silviculturais desejáveis e a aplicabilidade da madeira para diversos fins, aliada à grande variabilidade genética e à facilidade de aquisição de sementes em quantidade e qualidade (MARTINS, 1999; SILVA, 2003).

O *Eucalyptus saligna* é indicado para uso generalizado, muito parecido com *E. grandis* nos aspectos botânicos, porém produz madeira de maior densidade e apresenta menor

suscetibilidade à deficiência de Boro. Possui alta plasticidade e capacidade de regeneração por brotação. É considerada uma das espécies mais versáteis e indicada para usos múltiplos como construção, móveis, caixotaria, paletes, celulose e papel, chapas duras, painéis aglomerados, carvão e mourões (SILVA, 2003).

O *Eucalyptus urophylla* é uma das espécies mais plantadas no Brasil, devido seu alto potencial de crescimento em termos de área plantada, em função da tolerância ao fungo causador do cancro do eucalipto (*Cryphonectria cubensis*), sua boa produtividade e a sua ampla gama de utilização, como fabricação de celulose e papel, chapas duras, serraria e produção de carvão, entre outras (JUNIOR; GARCIA, 2003). Apresenta uma boa capacidade de regeneração a partir de brotações, sua madeira é considerada medianamente leve, com relativa estabilidade e alta permeabilidade (SILVA, 2003).

A madeira de *Eucalyptus microcorys* é levemente pesada, de boa estabilidade dimensional e média permeabilidade. Apresenta boas características para laminação, móveis, construções, postes, mourões, caixotaria, dormentes, lenha e carvão. Possui boa capacidade de regeneração por brotação das cepas. A espécie é moderadamente resistente à geadas, suscetível à deficiência hídrica severa e tolerante ao fogo (FERREIRA, 1979; SILVA, 2003).

A espécie *Eucalyptus propinqua* não tem sido plantada intensivamente no Brasil, poucos trabalhos foram realizados com a espécie. Possui madeira levemente pesada, com boa estabilidade dimensional e média permeabilidade. A espécie não é recomendada para regiões onde ocorrem geadas e déficit hídrico e apresenta boa capacidade de regeneração por brotações. É utilizada em serraria, caixotaria, dormentes, postes, mourões, lenha e carvão (SILVA, 2003).

*Eucalyptus dunni* apresenta rápido crescimento, boa capacidade de regeneração por brotação das cepas, boa forma das árvores, porém dificuldades na produção de sementes. A espécie possui madeira leve, muito semelhante ao *E. grandis*, de regular estabilidade dimensional e de elevada permeabilidade. Sua madeira é aplicada em serraria, laminação, movelaria, construções, celulose e papel, chapas de partículas, chapas duras, caixotaria, mourões, lenha e carvão (SILVA, 2003; FILHO, 2010).

O *Eucalyptus robusta* apresenta alta plasticidade, regeneração por brotação muito alta. A espécie é muito utilizada em laminação, construção, caixotaria, postes, mourões, dormentes, escoras, lenha e carvão. A madeira dessa espécie é considerada medianamente leve, relativa estabilidade e média permeabilidade (FERREIRA, 1979; SILVA, 2003).

O híbrido de *Eucalyptus grandis* x *Eucalyptus urophylla* conhecido como urograndis, possui madeira de maior densidade do que as espécies que o originou, sendo um dos clones mais utilizados no reflorestamento brasileiro, devido a sua grande capacidade de produção de celulose. Apresenta boa adaptação aos diversos sítios florestais, alta produtividade e destaca-se pela resistência ao fungo *P. psidii*, causador da ferrugem do eucalipto (RUY, 1998; MONTANARI, 2007; COSTA, 2011).

*Eucalyptus phaeotricha* apresenta crescimento lento, boa forma, madeira de alta qualidade, sendo utilizado para marcenaria, carpintaria e postes. Espécie classificada como suscetível a ferrugem do eucalipto (FERREIRA et al., 1992; ALFENAS et al., 2004).

### 2.3 A ferrugem do eucalipto

A ferrugem das mirtáceas causada por *P. psidii* Winter é uma das principais e mais severas doenças do eucalipto no Brasil, provocando prejuízos consideráveis, dependendo do local, manejo silvicultural e das espécies, procedência e clones utilizados, em viveiro e no campo (FERREIRA, 1986; KRUGNER; AUER, 2005; ALFENAS et al., 2009).

O fungo *P. psidii* é nativo da América do Sul e de ampla distribuição geográfica, principalmente nas Américas do Sul (Argentina, Brasil, Colômbia, Equador, Paraguai, Uruguai e Venezuela) e Central, nas ilhas do Caribe, Jamaica, Flórida, Havaí, e recentemente no Japão e na Austrália (MACLACHLAN, 1938; MARLATT; KIMBROUGH, 1979; RAYACHHETRY et al., 1997; COUTINHO, 1998; ALFENAS et al., 2004; UCHIDA et al., 2006; KAWANISHI et al., 2009; CARNEGIE, 2010).

Segundo Figueiredo (2001), *P. psidii* Winter foi descrito pela primeira vez no Brasil em goiabeira (*Psidium guajava* L.) por George Winter em 1864, a partir de material coletado no Estado de Santa Catarina.

A primeira descrição de ferrugem em plantas de eucalipto no Brasil, em termos científicos, foi realizada em 1944 no Estado do Rio de Janeiro em mudas de *E. citriodora* Hook (JOFFILY, 1944). Contudo existem vagas menções de ferrugem que incidiam sobre plantas de eucalipto no Brasil em 1912 e 1929 (GONÇALVES, 1929; JOFFILY, 1944). A primeira epidemia relevante dessa ferrugem, ocorreu em 1973 na costa do Espírito Santo, onde cerca de 4.000 mudas de *E. grandis*, até a idade aproximada de 1,5 anos, de procedência da África do Sul, foram descartadas em decorrência da doença (FERREIRA, 1981; FERREIRA, 1983).

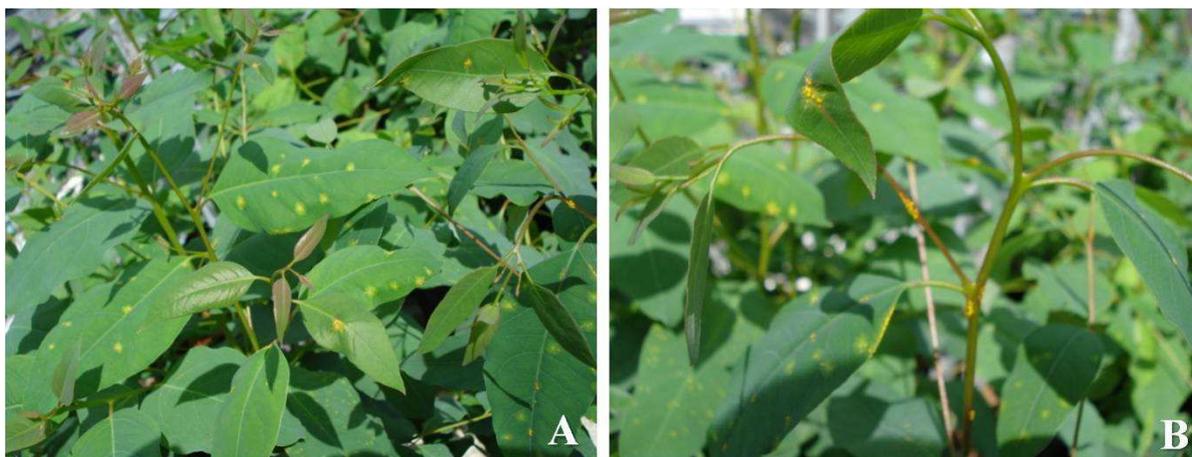
De 1979 a 1980, nas regiões do Vale do Rio Doce, Zona da Mata de Minas Gerais, Nordeste do Espírito Santo e Sudeste da Bahia, houve severos ataques da ferrugem afetando *E. grandis* e algumas procedências de *E. cloeziana*. Desse período, destacam-se os extensos ataques ocorridos nas regiões de Guanhães e Ipatinga – MG, com perda de mais de 300 hectares de *E. grandis*, com seis meses de idade, destruídos pela doença. Nos anos seguintes, em 1981 e 1982, ocorreu reincidência da doença nessas mesmas áreas, porém, sem a severidade dos anos anteriores, visto que os plantios suscetíveis, já se encontravam em idade superior a dois anos, a partir da qual a doença não tem mais importância nas plantações (FERREIRA, 1983). No Estado de São Paulo, a ferrugem foi uma das principais doenças responsáveis por prejuízos e injúrias causadas nos reflorestamentos, passando a ser considerada importante em meados da década de noventa, em plantios jovens de eucaliptos da região de Itapetininga e Vale do Paraíba (CAMARGO et al., 1997).

O desenvolvimento da ferrugem do eucalipto é dependente da temperatura e umidade. Para que ocorra a infecção e colonização de *P. psidii* são necessárias condições ambientais favoráveis. Em condições de campo, temperatura menor ou igual a 25°C, longos períodos com molhamento foliar (maior que seis horas/dia) e umidade relativa noturna  $\geq 80\%$ , favorecem a ferrugem no jambeiro (BLUM; DIANESE, 2001) e no eucalipto (FERREIRA, 1989). De acordo com Ruiz et al. (1989b), existe uma correlação entre o progresso da ferrugem em *E. grandis* com a alta umidade relativa ( $\geq 90\%$ ) e temperaturas na faixa de 18 a 25°C. Suzuki e Silveira (2003), verificaram que a temperatura é o fator que mais afeta a viabilidade de esporos de *P. psidii*, sendo que temperaturas elevadas contribuem para a menor incidência da doença.

A disseminação do patógeno ocorre pela ação dos ventos, das chuvas e insetos, no entanto condições ambientais favoráveis são necessárias, como temperaturas amenas e umidade relativa bastante elevada (RUIZ et al., 1989a). Essas condições são importantes para o desenvolvimento da doença porque atuam sobre o patógeno, possibilitando a disseminação e germinação dos uredosporos. Na ausência de condições favoráveis, ocorre a formação de estruturas denominadas teliosporos, que possibilitam a sobrevivência do patógeno (FIGUEIREDO; CARVALHO JR., 1994, 1995). A infecção primária pode ocorrer assim que as condições tornam-se favoráveis, devido à liberação dos basidiósporos infectivos produzidos em decorrência da germinação dos teliosporos, dando continuidade à disseminação da doença (FERREIRA, 1983).

A formação de orvalho é um dos fatores determinantes de novas infecções e produção de novos uredosporos de *P. psidii*. Ferreira (1983), relata que períodos de duas a três semanas com dias de temperatura relativamente baixas e alta umidade podem favorecer a ocorrência de epidemia de ferrugem. Uma das características da ferrugem do eucalipto é manifestar-se na forma de ocorrências esporádicas de curta ou, relativamente, longa duração. As epidemias de longa duração incluem ciclos secundários ou repetidos de infecções uredospóricas (FERREIRA, 1989).

A sintomatologia da ferrugem é bem característica com a presença de intensa esporulação uredospórica, que começa por pontuações cloróticas que se transformam em pústulas ou soros, onde se expõem, com o rompimento da epiderme, massas pulverulentas de uredosporos, de coloração amarelo-ouro (Figura 2). Em materiais altamente suscetíveis, pode causar deformações, necroses, hipertrofia, minicrancos e morte das porções terminais de crescimento. Os sinais começam a desaparecer com cerca de uma a duas semanas depois de sua manifestação em órgãos atacados. Assim, os terminais dos galhos e haste principal apresentam áreas hipertrofiadas verrugosas com forte colonização ferrugínea, que aparentemente são reações da planta (uma espécie de calejamento) às infecções (FERREIRA, 1989; KRUGNER; AUER, 2005).



**Figura 2.** A e B – Sintomas e sinais de ferrugem em folhas e ramos de *E. urophylla*.

Foto: Luís Azevedo, 2007.

A etapa de infecção tem início com a deposição de uredosporos na superfície foliar, a formação do tubo germinativo e, posteriormente, do apressório, que emitirá uma estrutura especializada para penetrar na planta por via direta (por meio da cutícula). Em seguida, o

fungo coloniza os tecidos da planta e retira seus nutrientes por meio de haustórios formados no interior das células vivas do hospedeiro, causando o aparecimento dos sintomas (FERREIRA, 1983; ALFENAS et al., 2004). De acordo com Xavier et al. (2001), uma vez dentro do tecido, a colonização é feita através do crescimento micelial intercelular e da emissão de haustórios intracelulares. *P. psidii* é um parasita obrigatório necessitando dessa forma de tecido vivo para sua sobrevivência, seu ciclo inicia a partir dos uredosporos, que atingem uma brotação nova de um clone ou procedência suscetível. Iniciada a infecção, após seis a dez dias, é visível a presença de lesões, formando a nova esporulação, que se dissemina através do vento, causando epidemias (FURTADO et al., 2001).

*P. psidii* é uma ferrugem de ciclo incompleto, da qual se conhecem seus estádios I – écio, II – urédia, III - télia e IV – basídio. (FIGUEIREDO et al., 1984), O estágio espermogonial é desconhecido, mas é provável que não exista. O estágio I – écio apresenta a mesma morfologia do estágio II – urédia e teve sua ocorrência mostrada apenas no jambeiro (FIGUEIREDO et al., 1984). O estágio II é constantemente produzido em condições naturais ou em inoculações artificiais. Uma pústula, individualmente, bem desenvolvida pode ter mais de 20 urédias, cada uma com 0,2 – 0,3 mm de diâmetro. As pústulas podem interligar-se, e isso acontece, especialmente quando os primórdios foliares e as partes apicais tenras dos galhos e da haste principal se mostram totalmente cobertos pela esporulação. Esta esporulação aparece tomando ambas às faces dos primórdios foliares, mas nas folhas um pouco mais desenvolvidas, é muito mais abundante nas faces inferiores dos limbos. Os uredosporos variam quanto à forma, predominando os periformes e de esféricos a ovais, que apresentam leves equinulações na parede externa e medem 10-20 x 15-25 µm (FERREIRA, 1989).

Segundo Ferreira (1989), os estádios III e IV, desta ferrugem, são poucos encontrados nas ocorrências naturais. Os teliosporos de *P. psidii* são pedicelados, bicelulares, clavados, achatadamente, muitos com uma papila apical na parede da célula posterior e medem 15-28 x 30-60 µm.

Todos os hospedeiros desta ferrugem são da família Myrtaceae, por isso o nome popular desse patógeno é conhecido como “ferrugem das Mirtáceas” (FIGUEIREDO, 2001). Viegas (1961) citado por Ferreira (1989), relata cerca de 13 diferentes gêneros de plantas, que envolvem mais de 25 espécies nativas e exóticas existentes no Brasil, que são infectadas por *P. psidii*. Além do eucalipto, a ferrugem incide em outras espécies dessa família, como goiaba (*Psidium guayaba* L.), uvaia (*Eugenia uvalha* L.), pitanga (*Eugenia uniflora*), jambo (*Syzigium jambos*), jamelão (*Syzigium cumini*), jabuticaba (*Myrcia jaboticaba*) e araçá (*Psidium araçá*), entre outras.

Devido a variabilidade genética para a resistência à ferrugem, inter e intra-específica, o controle da doença pode ser realizado por meio do plantio de clones, progênies ou espécies resistentes (ALFENAS et al., 2009).

Segundo Ferreira (1989), o controle da ferrugem do eucalipto, pode ser feito das seguintes formas: a) utilização da resistência interespecífica ou interprocedência; b) resistência intraprocedência; c) escape, explorando a característica de precocidade para crescimento em altura ou evitando-se épocas mais favoráveis a doenças para ataque a brotações logo após corte raso e d) utilização de fungicidas.

Para o controle da ferrugem em condições de campo, Ferreira e Milani (2002) recomendam as seguintes medidas: plantio inicial ou de reposição, com espécies, procedências ou clones resistentes e precoces em crescimento no primeiro ano; erradicação de fonte de inóculo (espécies de mirtáceas com ciclos secundários de ferrugem), perenemente num raio mínimo de 2 km do jardim clonal. Em jardim clonal, pulverização semanal das

brotações, a partir do início da detecção da ferrugem em gerações avançadas de coletas de brotações, com 50 g de triadimenol por 100 L de água.

Nos viveiros, a ferrugem do eucalipto pode ser controlada por meio de pulverizações semanais com fungicidas protetores tais como mancozebe e oxiclreto de cobre nas dosagens de 160- 200 g | 100 litros de água. Podem ser utilizados também os fungicidas sistêmicos triadimenol e triforine, que além do efeito protetor são prontamente translocados pelo limbo foliar e exercem um efeito curativo até seis dias após a inoculação (FERREIRA, 1989). De acordo com Alfenas et al. (2004), o controle químico da ferrugem é recomendado em material genético altamente suscetível e de alto valor comercial. Para o controle deve-se utilizar aplicações quinzenais de fungicidas sistêmicos, como triadimenol (0,5 g i.a | L) e azoxistrobina (0,1 g i.a | L). No entanto, ressalta-se, que no Brasil, não há fungicidas registrados para a cultura do eucalipto.

### **2.3 Resistência parcial**

O termo resistência se refere à habilidade do hospedeiro em suprimir, retardar ou impedir o crescimento, a reprodução e o desenvolvimento do patógeno em seus tecidos, podendo ser classificada em monogênica ou poligênica, de acordo com o número de genes envolvidos (PARLEVLIET, 1979; TRIGIANO et al., 2004; COOKE et al., 2006).

A resistência horizontal, chamada também de parcial, duradoura, quantitativa ou raça não-específica é poligênica e efetiva uniformemente contra uma grande parte ou todas as raças do patógeno (VANDERPLANK, 1975; AGRIOS, 2005).

Na resistência parcial para diferenciar uma planta da outra em relação a sua resistência a determinado patógeno, é necessário quantificar os sintomas de cada planta, pois nesse tipo de resistência observa-se uma distribuição contínua de níveis de resistência entre as plantas, sendo comum plantas altamente resistentes, mediamente resistentes e pouco resistentes, ou suscetíveis (CAMARGO, 2011).

Zambolim et al. (2004) relatam que toda planta hospedeira possui alguma resistência parcial contra uma ou mais doenças, o nível dessa resistência, entretanto, que às vezes é muito baixo para ter valor prático, altos níveis de resistência parcial resultam em menor incidência e severidade e baixos níveis apresentam epidemias.

A resistência parcial ou quantitativa afeta principalmente a taxa de velocidade da doença, pois os efeitos na epidemia refletem a atuação da resistência em vários componentes epidemiológicos, como diminuição do tamanho da lesão, do número de esporos produzidos por lesão e do aumento do período latente (CAMARGO, 2011).

A resistência parcial é uma forma de resistência incompleta, e tem como característica a redução da taxa de epidemia através da diminuição do número e tamanho de pústulas, da diminuição da produção de uredosporos, aumento do período latente e menor área abaixo da curva do progresso da doença (AACPD). Isso faz com que a população do patógeno seja reduzida, diminuindo a quantidade de inóculo e, conseqüentemente, a doença (PARLEVLIET, 1997; AZEVEDO et al.; 2007).

Baseada em genes de pequeno efeito no fenótipo, a resistência parcial é quantitativa. O efeito de cada componente é pequeno, mas o efeito combinado pode representar redução na

taxa do progresso da doença (PARLEVLIET; VAN OMMEREN, 1975; PARLEVLIET, 1979).

Períodos de latência mais prolongados, lesões menores e menor produção de esporos são componentes que atrasam ou reduzem a magnitude de vários estágios do ciclo reprodutivo do patógeno, tornando mais lento o progresso da doença (SHANER; HESS, 1978).

A utilização da AACPD permite identificar níveis de resistência e auxilia na identificação e na caracterização de genótipos com progresso lento da doença. Tal parâmetro é muito utilizado para quantificar resistência parcial e pode ser revisado em Jeger e Viljanen-Rollinson (2001).

Para avaliar a resistência de uma cultivar a determinada doença, podem ser avaliados os efeitos do patógeno sobre o hospedeiro, ou seja, as lesões causadas pelo patógeno (PARLEVLIET, 1993). Entretanto, esta não depende só do nível de resistência do cultivar; por isso, precisam ser avaliados vários componentes relacionados também à capacidade de colonização e adaptação do patógeno como o período de latência, tamanho e número de lesões, produção de esporos, a severidade da infecção e o progresso da doença (THOMÉ et al., 1999).

Segundo Ferreira (1989), a variabilidade genética dentro do gênero *Eucalyptus* para a resistência às doenças e a fatores fisiológicos adversos é muito grande e isto acontece, especialmente, em relação à ferrugem do eucalipto.

Ferreira e Silva (1982) em experimento envolvendo cerca de onze espécies de *Eucalyptus* spp, na região do Espírito Santo, constataram que apenas o *E. torrelliana* e o *E. brassiana*, não apresentaram sintomas da doença. Porém, espécies que como essas podem ser resistentes à doença, muitas vezes são pouco apropriadas para as regiões na qual o plantio será estabelecido e sua finalidade (CASTRO, 1983).

De acordo com Junghans et al. (2003), em *E. grandis* a resistência à ferrugem (*P. psidii*) é controlada por um gene de efeito principal denominado *Ppr-1* (*Puccinia psidii* resistência- gene 1). Este constitui o primeiro gene de resistência identificado e mapeado na cultura do eucalipto.

A disponibilidade de uma extensa variabilidade genética inter e intra-específica para a resistência à ferrugem permite o manejo da doença com a utilização de clones, progênies ou espécies resistentes. Dentre as espécies resistentes, encontram-se *Corymbia citriodora*, *C. torrelliana*, *Eucalyptus camaldulensis*, *E. microcorys*, *E. pellita*, *E. pilularis*, *E. propinqua*, *E. resinifera*, *E. robusta*, *E. saligna*, *E. tereticornis* e *E. urophylla*. Em regiões de condições climáticas favoráveis à doença, devem-se evitar o plantio seminais de *E. grandis* (procedências: *África do Sul e Coff's Harbou 9583*), *E. phaeotricha*, *E. cloeziana*, *E. globulus* e *E. nitens*. Existe, contudo, ampla variabilidade intra-específica, o que permite a seleção e clonagem de genótipos resistentes para plantio (ALFENAS et al., 2004).

Furtado et al. (2005) estudaram a variabilidade fisiológica de *P. psidii* em *E. grandis* e no híbrido “urograndis” e verificaram que em relação aos genótipos de eucalipto utilizados, há uma maior suscetibilidade em *E. grandis* quando comparado com o híbrido, além da existência de especializações fisiológicas em diferentes populações de *P. psidii*. Xavier et al. (2007) avaliaram a resistência das espécies de *E. globulus* e *E. nitens*, e constataram a variabilidade intra-específica para resistência à ferrugem nas duas espécies e que *E. globulus* exibiu maior porcentagem de indivíduos resistentes.

Segundo Zauza et al. (2010), as espécies *E. grandis* e *E. urophylla* possuem ampla variabilidade genética para resistência a ferrugem. As demais espécies *E. tereticornis*, *E.*

*pellita* e *E. camaldulensis* destacam-se como resistentes e *E. globulus*, *E. nitens* e *E. cloeziana* como suscetíveis à ferrugem.

### 3 MATERIAL E MÉTODOS

#### 3.1 Caracterização da área experimental

Foram conduzidos dois experimentos em casa de vegetação na Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro, Instituto de Biologia, Departamento de Fitopatologia e Entomologia, área experimental de Fitopatologia, situada no Município de Seropédica, Região Metropolitana do Estado do Rio de Janeiro, localizada a latitude 22° 45' S, longitude de 43° 42' W, altitude aproximada de 30 metros, segundo o Sistema de Classificação de Köppen.

O clima da Região é do tipo Aw, segundo o Sistema de Classificação de Köppen, caracterizado por inverno seco e verão chuvoso e quente, com temperaturas médias anuais em torno de 23,9°C e precipitações médias anuais de 1.213 mm (CARVALHO, 2012).

Os experimentos em casa de vegetação foram realizados no período de julho a novembro de 2011, sendo que instalou-se o primeiro experimento no dia 05 de outubro e o segundo no dia 25 do mesmo mês.

#### 3.2 Produção das mudas de eucalipto

Sementes de dez espécies de eucalipto (Tabela 1), oriundas do Instituto de Pesquisas de Espécies Florestais (IPEF-SP), foram semeadas em tubetes com capacidade de substrato de 53cm<sup>3</sup>. Quando as mudas alcançaram uma altura média de quatro centímetros, foram transplantadas para sacos plásticos com capacidade para 2,0 kg de substrato, cuja composição utilizada foi de uma porção de terra, uma porção de argila e uma porção de esterco. O substrato foi auto-clavado a 120 kg.cm<sup>2</sup>, a temperatura de 120°C, por um período de uma hora e resfriado a temperatura ambiente. As mudas foram todas identificadas, separadas por espécies, etiquetadas e numeradas.



**Figura 3.** Produção das mudas de eucalipto. A – Mudas semeadas em tubetes; B – Plântulas com quatro cm de altura e C – muda identificada, numerada e etiquetada.

Foto: Diene Silva, 2011.

### **3.3 Obtenção e preparação do inóculo de *Puccinia psidii***

Para a preparação do inóculo foram coletadas folhas de *E. urograndis* (*E. grandis* x *E. urophylla*) com dois anos de idade, com pústulas de ferrugem em um plantio comercial localizado na Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro, Campus Seropédica. As folhas foram imersas e agitadas por cinco minutos em erlemeyers com 500 ml de água destilada esterilizada (ADE) e três gotas de Tween 80%. A determinação e calibração da concentração de inóculo foram estimadas com o auxílio do hemacitômetro. As suspensões de uredosporos foram calibradas para as concentrações de  $2 \times 10^4$  esporos/mL e  $2 \times 10^5$  esporos/mL.

### **3.4 Teste de germinação “*in vitro*” de uredosporos**

Para o teste de viabilidade e influência da concentração de extratos foliares de eucalipto na porcentagem de germinação de uredosporos de *P. psidii* instalou-se dois experimentos em laboratório, o primeiro no dia 5 de outubro de 2011 e o segundo no dia 25 de outubro de 2011. Utilizou-se cinco concentrações de substrato: ágar-água (1000 mL de água, 14g de ágar), 0,5g de extrato de folhas de eucalipto-ágar (0,5g de folha triturada no liquidificador, 1000 mL de água e 14 g de ágar), 1g de extrato de folhas de eucalipto-ágar (1g de folha triturada no liquidificador, 1000 mL de água e 14g de ágar), 2g de extrato de folhas de eucalipto-ágar (2g de folha triturada no liquidificador, 1000 mL de água e 14g de ágar) e 4g de extrato de folhas de eucalipto-ágar (4g de folhas triturada no liquidificador, 1000 mL de água e 14g de ágar). As folhas da espécie *E. grandis* utilizadas na preparação dos extratos, foram obtidas de mudas sadias cultivadas em casa de vegetação. Os extratos foliares foram adicionados ao meio de ágar-água e vertidos em placas de Petri.

A unidade experimental foi constituída de uma placa de Petri, com cinco repetições no delineamento experimental de blocos ao acaso. Os uredosporos obtidos de pústulas, foram suspensos e diluídos em água destilada obtendo-se uma concentração de  $2 \times 10^5$  esporos/mL. Desta suspensão plaqueou-se uma alíquota de 400µl sobre os substratos agarizados. Em seguida, incubou-se as placas de Petri a 20°C por 48h, no escuro em BOD (Biological oxygen demand). A avaliação da germinação de uredosporos foi realizada por meio da varredura das placas em microscópio óptico, examinando 100 uredosporos por repetição. Foram considerados como germinados os uredosporos que apresentaram o tubo germinativo mais longo do que seu diâmetro (SHARVELLE, 1969).

Os dados obtidos foram expressos como porcentagem de germinação dos uredosporos e submetidos à análise de variância e à comparação de médias pelo teste de Duncan ao nível de 5% de probabilidade, por meio do software SAEG.

### **3.5 Avaliação da resistência parcial de espécies de eucalipto à ferrugem**

#### **3.5.1 Experimentos em casa de vegetação**

Para a avaliação da resistência parcial à ferrugem do eucalipto foram realizados dois experimentos em casa de vegetação, nos períodos de 05/10/2011 a 01/11/2011 e 25/10/2011 a 21/11/2011. O delineamento experimental utilizado foi o inteiramente casualizado, com dez tratamentos e dez repetições, sendo uma planta por repetição, totalizando 200 mudas. As espécies de eucalipto utilizadas encontram-se na Tabela 1.

**Tabela 1.** Espécies de eucalipto para a avaliação da resistência à *Puccinia psidii* em Seropédica - RJ.

Espécies de eucalipto	Grau de Melhoramento*	Procedência
<i>E. citriodora</i>	APS F1	Anhembi – SP
<i>E. saligna</i>	APS F1	Itatinga – SP
<i>E. grandis</i>	APS F1	Anhembi – SP
<i>E. urophylla</i>	APS F1	Anhembi – SP
<i>E. urograndis</i>	PSM F3	Anhembi – SP
<i>E. dunni</i>	APS F2	Itatinga – SP
<i>E. robusta</i>	APS F2	Itatinga – SP
<i>E. propinqua</i>	APS F1	Anhembi – SP
<i>E. microcorys</i>	APS F1	Anhembi – SP
<i>E. phaeotricha</i>	APS F1	Anhembi – SP

\* Graus de Melhoramento

APS – Área de Produção de Sementes

PSM – Pomar de sementes por mudas

Fn (n=1 a 5) – Geração de Melhoramento

Fonte: IPEF, 2012.

Para a quantificação das variáveis monocíclicas, plantas das dez espécies de eucalipto com três meses de idade foram inoculadas com o fungo. A inoculação foi realizada por meio da atomização de folhas com suspensão de uredosporos na concentração de  $2 \times 10^4$  esporos/mL, obtidos a partir de pústulas de ferrugem (AZEVEDO, 2005). A atomização das folhas foi realizada ao final da tarde em casa de vegetação, com um pulverizador manual de capacidade para um litro. Em seguida, as mudas foram incubadas em câmara úmida e escura por 48 horas. As variáveis temperatura e umidade relativa da casa de vegetação não puderam ser registradas devido à ausência de equipamento adequado para isso.

As avaliações consistiram na contagem do número de pústulas por folíolo e a quantificação da severidade em quatro folhas marcadas. A primeira avaliação foi realizada aos dez dias após a inoculação e as demais no espaço de quatro em quatro dias, totalizando cinco avaliações. Para avaliar a resistência parcial dessas espécies, foram quantificadas as seguintes variáveis: número médio de pústulas por folíolo, período latente médio (PLM) e área abaixo da curva do progresso da doença (AACPD). Para a quantificação da severidade da doença utilizou-se a escala diagramática de avaliação da resistência à ferrugem do eucalipto, elaborada por Junghans et al., (2003) (Figura 4). A partir das notas encontradas foi calculado o Índice de infecção de Mckinney (1923) com emprego da equação:

$$INF = \frac{\Sigma (\text{grau da escala} \times \text{frequência}) \times 100}{(\text{n}^\circ \text{ total de unidades} \times \text{grau máximo da escala})}$$

Para calcular o período latente médio (PLM), foi empregada a equação de Shaner e Hess (1978):

$$PLM = \sum P_i T_i$$

$P_i$  = proporção de pústulas novas surgidas na  $i$ -ésima observação, em relação ao número final de pústulas na  $n$ -ésima observação;

$T_i$  = número de dias decorridos desde a inoculação até a  $i$ -ésima observação, e

$n$  = número total de observações.

Com base também nessas variáveis, calculou-se a área abaixo da curva do progresso da doença (CAMPBELL; MADDEN, 1990), tomando-se como referência os dados de severidade e número médio de pústulas por folíolo.

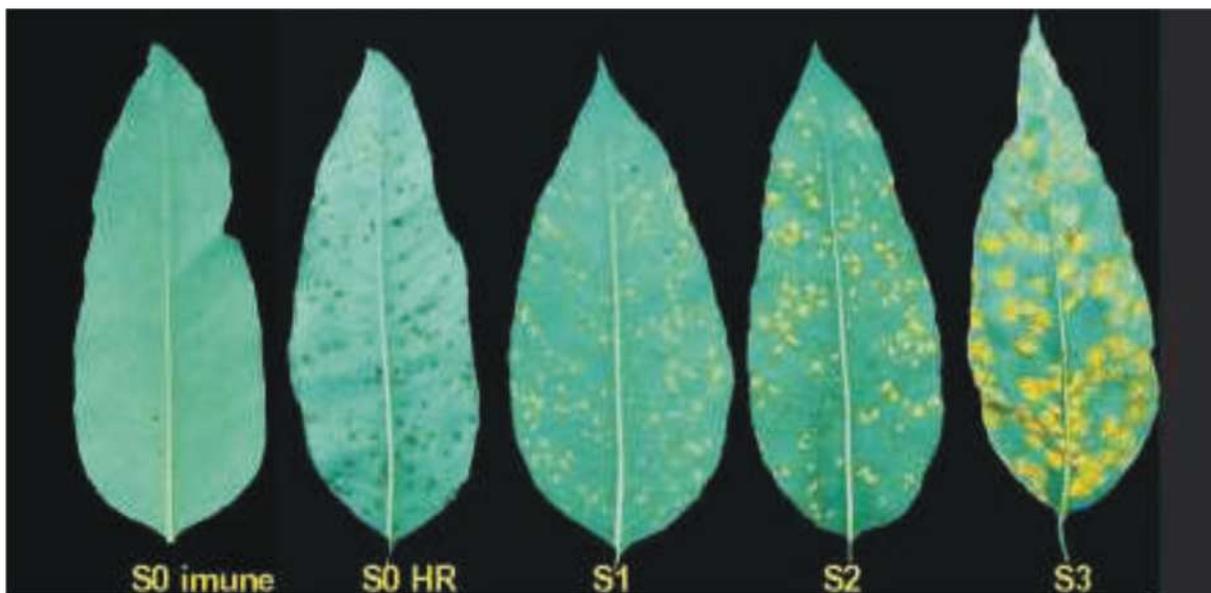
$$AACPD = \sum [ (Y_i + Y_{i+1}) / 2 ] \times [ X_{i+1} - X_i ] \text{ onde,}$$

$Y_i$  = média da doença (por unidade de tempo) na  $i$ -ésima observação;

$X_i$  = tempo em dias na  $i$ -ésima observação, e

$n$  = número total de observações.

Os dados dos parâmetros número médio de pústulas por folíolo, PLM e AACPD foram transformados em  $\sqrt{x + 0,5}$  e os da variável de severidade em  $\arcsen \sqrt{x/100}$ , e submetidos à análise de variância e à comparação de médias pelo teste de Scott-Knott ao nível de 5% de probabilidade, por meio do software SAEG. Realizou-se ainda a correlação residual entre os parâmetros avaliados, por meio do software GENES.



**Figura 4.** Escala de notas para avaliação da resistência à ferrugem do eucalipto (*Eucalyptus sp.*), com quatro classes de severidade: S0 = imunidade ou reação de hipersensibilidade do tipo “fleck” ou necrótico; S1 = pústulas < 0,8 mm de diâmetro; S2 = pústulas de 0,8 a 1,6 mm de diâmetro; e S3 = pústulas > 1,6 mm de diâmetro. Plantas nas classes de severidade S0 e S1 são consideradas resistentes, enquanto S2 e S3, suscetíveis.

Fonte: Junghans et al., 2003.

## 4 RESULTADOS E DISCUSSÃO

### 4.1 Teste de germinação “*in vitro*” de uredosporos de *Puccinia psidii*

A média de germinação dos uredosporos nos substratos variou de 23,20 a 53,80% no primeiro experimento (Tabela 2). Houve diferenças significativas dos substratos na germinação dos uredosporos. As menores germinações, 23,20 e 23,60%, foram obtidas nos substratos ágar-água e 0,5g de extrato de folha de eucalipto-ágar, respectivamente, que não diferiram significativamente entre si. O substrato de 4g de extrato de folha de eucalipto-ágar apresentou a maior média de germinação dos uredosporos 53,80%.

**Tabela 2.** Efeito de substratos, mantidos no escuro por 48 horas em 20°C, na germinação (%) de uredosporos de *Puccinia psidii*, no primeiro experimento.

Substratos	Germinação (%) <sup>(1)</sup>
Extrato de folha de eucalipto-ágar 4g	53,80 a
Extrato de folha de eucalipto-ágar 2g	37,40 b
Extrato de folha de eucalipto-ágar 1g	28,40 c
Extrato de folha de eucalipto-ágar 0,5g	23,60 d
Ágar-água	23,20 d
CV (%)	10,13

<sup>(1)</sup> Dados originais sem transformação. Número médio de germinação de uredosporos. Médias seguidas da mesma letra não diferem entre si, ao nível de 5%, pelo teste de Duncan.

No segundo experimento, a média de germinação dos uredosporos nos substratos variou de 16,80 a 54,80% (Tabela 3). Houve diferenças significativas dos substratos na germinação dos uredosporos de *P. psidii*. As menores germinações, 16,80 e 22,00%, foram obtidas nos substratos ágar-água e 0,5g de extrato de folha de eucalipto-ágar, respectivamente, que se diferenciaram significativamente entre si. O substrato de 4,0 g de extrato de folha de eucalipto-ágar apresentou a maior média de germinação dos uredosporos que foi de 54,80%.

**Tabela 3.** Efeito de substratos, mantidos no escuro por 48 horas em 20°C, na germinação (%) de uredosporos de *Puccinia psidii*, no segundo experimento.

Substratos	Germinação (%) <sup>(1)</sup>
Extrato de folha de eucalipto-ágar 4g	54,80 a
Extrato de folha de eucalipto-ágar 2g	37,20 b
Extrato de folha de eucalipto-ágar 1g	28,00 c
Extrato de folha de eucalipto-ágar 0,5g	22,00 d
Ágar-água	16,80 e
CV (%)	11,23

<sup>(1)</sup> Dados originais sem transformação. Número médio de germinação de uredosporos. Médias seguidas da mesma letra não diferem entre si, ao nível de 5%, pelo teste de Duncan.

De acordo com os resultados obtidos nos dois experimentos, observa-se uma correlação positiva entre os extratos de folhas de eucalipto e a germinação, ou seja, quanto maior a concentração de extrato foliar de eucalipto, maior é a porcentagem de uredosporos germinados. Resultado semelhante foi relatado para uredosporos de *Phakopsora pachyrhizi* em extratos de folha de soja por Carlini (2009).

Provavelmente, folhas de eucalipto devem liberar compostos químicos solúveis em água capazes de induzir a germinação de uredosporos de *P. psidii*, demonstrado também por outros autores (SUZUKI et al. 1998, SUZUKI; SILVEIRA, 2003). Reis e Richther (2007) relatam que a germinação e o crescimento do tubo germinativo de uredosporos de *P. triticina* são induzidos e estimulados nos substratos infusão de folhas de trigo-ágar e extrato de folhas de trigo-ágar.

As baixas porcentagens de germinação do inóculo encontradas em ambos os experimentos, possivelmente influenciaram em uma menor taxa de infecção da ferrugem nas espécies de eucalipto avaliadas. Suzuki e Silveira (2003), avaliando o efeito da temperatura e umidade relativa na manutenção e viabilidade dos uredosporos de *P. psidii*, consideraram como altas porcentagens de germinações seus resultados que variaram de 76 a 83%.

## **4.2 Avaliação da resistência parcial de espécies de eucalipto à ferrugem**

### **4.2.1 Primeiro experimento (05/10/2011 a 01/11/2011)**

#### **4.2.1.1 Número médio de pústulas por folíolo, severidade e período latente médio**

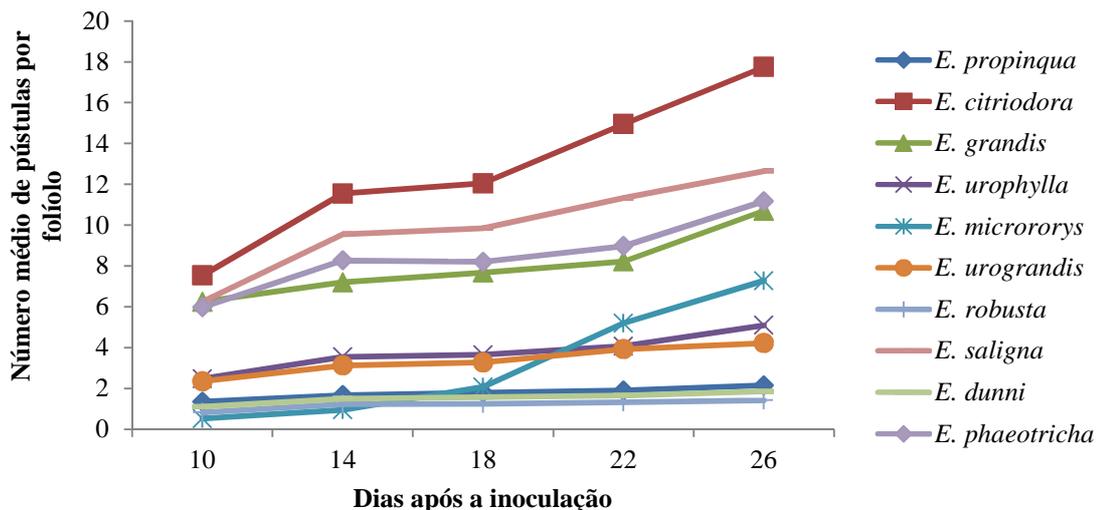
A média do número de pústulas por folíolo variou de 1,21 a 12,77 no primeiro experimento (Tabela 4). Houve diferença significativa entre as médias das espécies, pelo teste de Scott Knot ao nível de 5%. Dessa forma as espécies foram separadas em quatro grupos distintos. Um primeiro grupo onde a espécie *E. citriodora* apresentou significativamente um número maior de pústulas por folíolo, e conseqüentemente, uma maior suscetibilidade a ferrugem. No segundo grupo a média de pústulas variou entre 8,01 a 9,93, fazendo parte desse grupo às espécies *E. saligna*, *E. phaeotricha* e *E. grandis*. As espécies *E. urophylla* e *E. microcorys* constituem o terceiro grupo que apresentou a média entre 3,38 a 3,77. No quarto e último grupo a variação do número médio de pústulas por folíolo foi de 1,21 a 3,20, nas espécies *E. urograndis*, *E. propinqua*, *E. dunnii* e *E. robusta*, o que permite afirmar que essas espécies comportaram-se como mais resistentes à ferrugem do eucalipto (*P. psidii*).

**Tabela 4.** Número médio de pústulas por folíolo, severidade e período latente médio de *Puccinia psidii*, em dez espécies de eucalipto, em condições de casa de vegetação, no primeiro experimento.

Espécie	Número médio de pústulas <sup>(1)</sup>	Severidade(%)( <sup>1</sup> )	Período latente médio <sup>(1)</sup>
<i>E. citriodora</i>	12,77 a	32,13 a	16,03 a
<i>E. saligna</i>	9,93 b	17,98 c	8,47 a
<i>E. phaeotricha</i>	8,52 b	34,47 a	9,82 a
<i>E. grandis</i>	8,01 b	30,64 a	14,23 a
<i>E. urophylla</i>	3,77 c	19,98 b	8,42 a
<i>E. microcorys</i>	3,38 c	12,81 c	10,21 a
<i>E. urograndis</i>	3,20 d	18,80 b	13,96 a
<i>E. propinqua</i>	1,78 d	22,47 b	12,75 a
<i>E. dunni</i>	1,54 d	35,64 a	15,04 a
<i>E. robusta</i>	1,21 d	14,80 c	9,02 a
CV (%)	56,18	55,12	58,36

<sup>(1)</sup> Dados originais sem transformação. Número médio de pústulas. Médias seguidas da mesma letra não diferem entre si, ao nível de 5%, pelo teste de Scott Knott. Cada repetição refere-se a média de dez plantas.

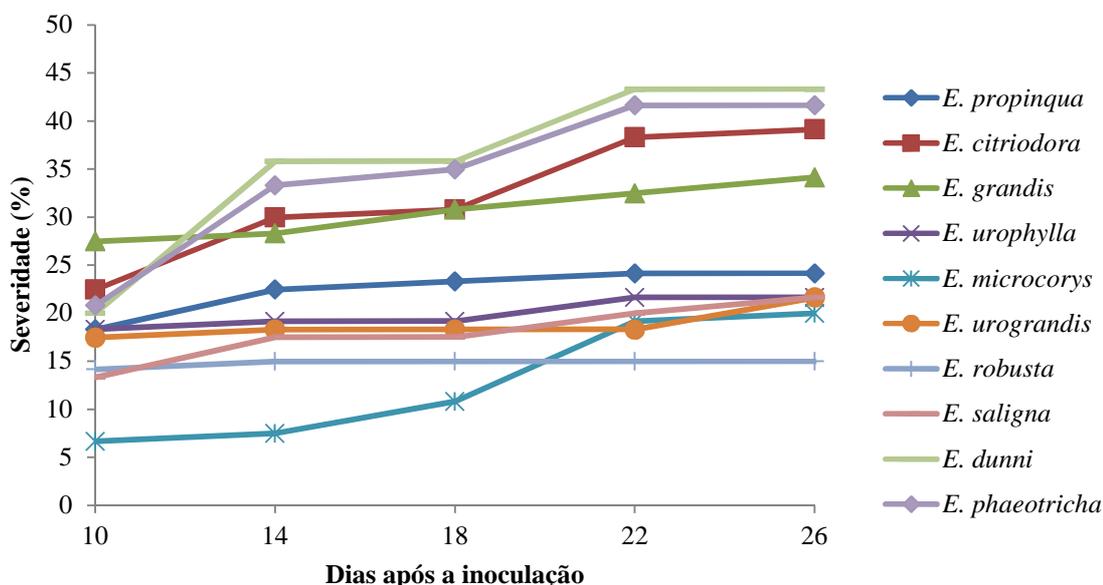
A Figura 5 ilustra o progresso da doença a partir do parâmetro do número médio de pústulas por folíolo no primeiro experimento. Conclui-se que a doença manteve-se estável no decorrer das cinco avaliações nas espécies *E. robusta*, *E. dunni* e *E. propinqua*. Em *E. citriodora*, houve um maior desenvolvimento da doença no decorrer das avaliações, sendo que se observa um crescimento significativo entre 10 a 14 dias após a inoculação e 18 a 26 dias após a inoculação.



**Figura 5.** Número médio de pústulas de *Puccinia psidii*, por folíolo, em dez espécies de eucalipto, em condição de casa de vegetação, no primeiro experimento.

A média da severidade da ferrugem nas espécies de eucalipto em casa de vegetação variou de 12,81 a 35,64% de área foliar infectada, no primeiro experimento (Tabela 4). Houve diferença significativa entre as médias pelo teste de Scott Knott a 5% de probabilidade. A partir dos resultados obtidos, é possível separar as espécies em três grupos distintos. Um primeiro grupo de espécies cuja severidade variou de 30,64 a 35,64%, nas espécies *E. dunnii*, *E. phaeotricha*, *E. citriodora* e *E. grandis*, que podem ser consideradas como mais suscetíveis à ferrugem. O segundo grupo com a severidade variando entre 18,80 a 22,47%, nas espécies *E. propinqua*, *E. urophylla* e *E. urograndis*. E o terceiro grupo considerado como mais resistentes à ferrugem com a variação entre 12,81 a 17,98 %, com as espécies *E. saligna*, *E. robusta* e *E. microcorys* que podem ser consideradas como mais resistentes à ferrugem.

A Figura 6 ilustra o progresso da doença no que se refere à severidade no decorrer das avaliações. As espécies *E. dunnii* e *E. phaeotricha* foram as que apresentaram uma maior severidade da doença, comportando-se como suscetíveis. Enquanto, que na espécie *E. robusta* a severidade manteve-se estável durante as avaliações, podendo ser considerada como mais resistente à ferrugem.



**Figura 6.** Severidade (% da área foliar infectada) da ferrugem em dez espécies de eucalipto, em condições de casa de vegetação, no primeiro experimento.

A média do período latente médio das espécies variou entre 8,42 a 16,03 dias no primeiro experimento (Tabela 4). Não houve diferença estatisticamente significativa entre as médias pelo teste de Scott Knott ao nível de 5% de probabilidade. Apesar de não ter havido diferença estatística entre as espécies, neste ensaio, quatro espécies *E. citriodora*, *E. dunnii*, *E. grandis* e *E. urograndis* apresentaram maior período latente médio variando entre 13,96 a 16,03 dias, comportando-se como mais resistentes. Enquanto as espécies *E. phaeotricha*, *E. robusta*, *E. saligna* e *E. urophylla* podem ser consideradas como mais suscetíveis já que apresentaram menor período latente médio que variou de 8,42 a 9,82 dias.

#### 4.2.1.2 Área abaixo da curva do progresso da doença (AACPD)

A média dos valores da área abaixo da curva do progresso da doença (AACPD) para número médio de pústulas por folíolo, no primeiro experimento variou de 21,20 a 207,85 e para a área abaixo da curva do progresso da doença (AACPD) para severidade variou de 237,86 a 519,40 (Tabela 5). Houve diferença significativa entre as médias. Pelos resultados é possível separar as dez espécies avaliadas em dois grupos distintos. O primeiro grupo de espécies cuja AACPD Pust variou de 126,30 a 207,85 e AACPD Sev de 489,50 a 519,40; e o segundo grupo onde a AACPD Pust apresentou variação de 21,20 a 60,25 e a AACPD Sev variou de 237,86 a 319,58. As espécies *E. citriodora*, *E. dunni*, *E. phaeotricha* e *E. grandis* constituíram o primeiro grupo que pode ser classificado como as mais suscetíveis. O segundo grupo, onde as espécies comportaram-se como as mais resistentes à ferrugem do eucalipto, foi constituído pelas espécies *E. urophylla*, *E. urograndis*, *E. microcorys*, *E. propinqua*, *E. saligna* e *E. robusta*, devido aos mais baixos valores de AACPD.

**Tabela 5.** Área abaixo da curva do progresso da doença de *Puccinia psidii*, dos parâmetros de número médio de pústulas e severidade, em dez espécies de eucalipto em condições de casa de vegetação, no primeiro experimento.

Espécie	AACPD Pust <sup>(1)</sup>	AACPD Sev <sup>(1)</sup>
<i>E. citriodora</i>	207,85 a	519,40 a
<i>E. dunni</i>	160,70 a	586,14 a
<i>E. phaeotricha</i>	138,85 a	564,42 a
<i>E. grandis</i>	126,30 a	489,50 a
<i>E. urophylla</i>	60,25 b	319,58 b
<i>E. urograndis</i>	54,45 b	297,66 b
<i>E. microcorys</i>	48,50 b	199,66 b
<i>E. propinqua</i>	28,50 b	364,42 b
<i>E. saligna</i>	24,80 b	289,68 b
<i>E. robusta</i>	21,20 b	237,86 b
CV (%)	67,41	55,50

<sup>(1)</sup> Dados originais sem transformação. Número médio de pústulas. Médias seguidas da mesma letra não diferem entre si, ao nível de 5%, pelo teste de Scott Knott. Cada repetição refere-se a média de 10 plantas.

## 4.2.2 Segundo experimento (25/10/2011 a 21/11/2011)

### 4.2.2.1 Número médio de pústulas por folíolo, severidade e período latente médio

O número médio de pústulas por folíolo variou de 0,58 a 7,46 no segundo experimento (Tabela 6). Houve diferença significativa entre o número de pústulas das espécies, pelo teste de Scott Knot ao nível de 5% de probabilidade. As espécies foram separadas em três grupos distintos. Um primeiro grupo onde a espécie *E. citriodora* apresentou significativamente um número maior de pústulas por folíolo igual a 7,46, e conseqüentemente, uma maior suscetibilidade a ferrugem. No segundo grupo a média de pústulas variou entre 1,86 a 2,88, fazendo parte desse grupo às espécies *E. dunni*, *E. phaeotricha*, *E. microcorys* e *E. propinqua*. Enquanto que no terceiro grupo o número médio de pústulas por folíolo ficou entre 0,58 a 1,42, nas espécies *E. robusta*, *E. saligna*, *E. grandis*, *E. urophylla* e *E. urograndis*, o que permite afirmar que essas espécies comportaram-se como as mais resistentes à ferrugem neste experimento.

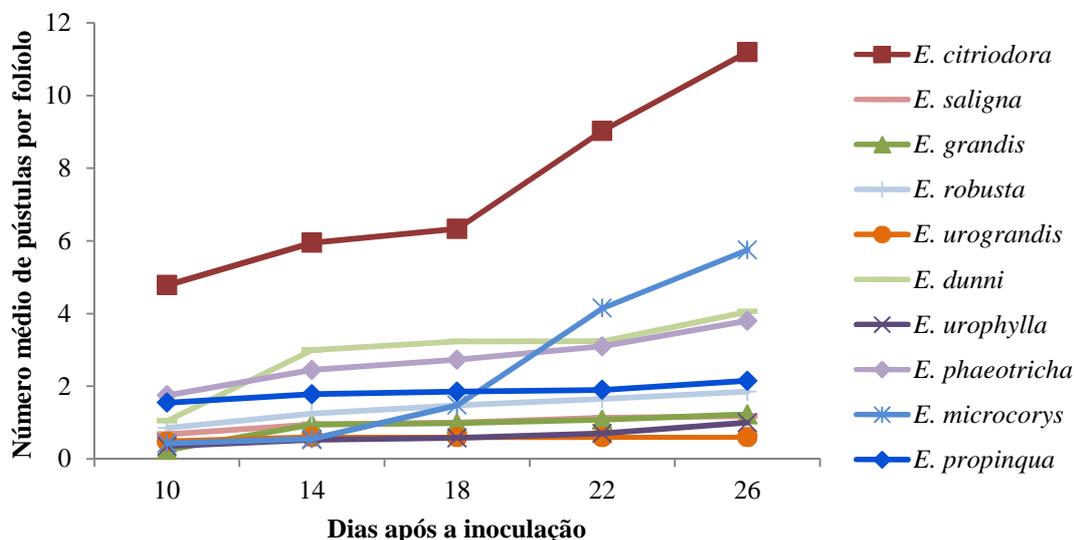
**Tabela 6.** Número médio de pústulas por folíolo, severidade e período latente médio de *Puccinia psidii*, em dez espécies de eucalipto, em condições de casa de vegetação, no segundo experimento.

Espécie	Número médio de pústulas <sup>(1)</sup>	Severidade(%)( <sup>1</sup> )	Período latente médio <sup>(1)</sup>
<i>E. citriodora</i>	7,46 a	19,47 a	13,12 a
<i>E. dunni</i>	2,88 b	22,90 a	11,61 a
<i>E. phaeotricha</i>	2,77 b	12,82 b	8,98 a
<i>E. microcorys</i>	2,47 b	12,31 b	11,58 a
<i>E. propinqua</i>	1,86 b	16,97 a	8,51 a
<i>E. robusta</i>	1,42 c	15,97 a	10,14 a
<i>E. saligna</i>	0,99 c	6,65 b	5,80 a
<i>E. grandis</i>	0,89 c	17,31 a	15,97 a
<i>E. urophylla</i>	0,63 c	8,49 b	7,40 a
<i>E. urograndis</i>	0,58 c	6,82 b	6,32 a
CV (%)	71,98	78,35	58,63

<sup>(1)</sup> Dados originais sem transformação. Número médio de pústulas. Médias seguidas da mesma letra não diferem entre si, ao nível de 5%, pelo teste de Scott Knott. Cada repetição refere-se a média de dez plantas.

A Figura 7 ilustra o progresso da doença a partir do parâmetro do número médio de pústulas por folíolo no segundo experimento e pode-se concluir que a doença manteve-se praticamente estável no decorrer das cinco avaliações nas espécies *E. urograndis*, *E. urophylla*, *E. grandis*, *E. saligna*, *E. robusta* e *E. propinqua*. Em *E. citriodora*, houve um maior desenvolvimento da doença no decorrer das avaliações, sendo que se observa um crescimento significativo entre 10 a 14 dias após a inoculação e 18 a 26 dias após a inoculação.

O desenvolvimento da doença em *E. microcorys* inicia-se com poucas pústulas e permanece estável até a terceira avaliação, 18 dias após a inoculação, e a partir dessa avaliação ocorreu uma epidemia da doença.



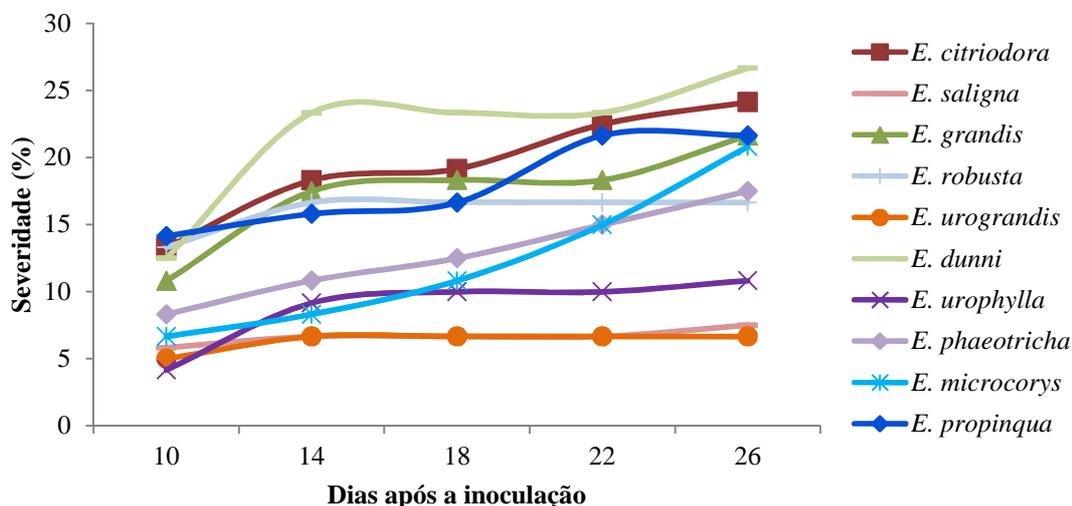
**Figura 7.** Número médio de pústulas de *Puccinia psidii*, por folíolo, em dez espécies de eucalipto, em condição de casa de vegetação, no segundo experimento.

O número médio de pústulas por folíolo foi diferente nos dois experimentos, sendo maior no primeiro experimento. De forma geral, no primeiro experimento, as espécies foram mais suscetíveis à ferrugem, produzindo um número maior de pústulas. Essas diferenças entre os experimentos podem ser explicadas em parte pela influência dos fatores ambientais que favorecem a doença, temperatura e umidade relativa. Na instalação do primeiro experimento a temperatura média era de 21°C e UR de 85%, enquanto que na instalação do segundo experimento as condições ambientais eram de T 30°C e 42% de UR (CARVALHO, 2011). O desenvolvimento da ferrugem do eucalipto é dependente da temperatura e umidade relativa. Para que ocorra a infecção e colonização de *P. psidii* são necessárias condições ambientais favoráveis, como temperaturas na faixa de 15-25°C e alta umidade relativa ( $\geq 90\%$ ) (RUIZ et al., 1989a; APARECIDO et al., 2003b; ALFENAS et al., 2009). Segundo Suzuki e Silveira (2003), a temperatura é o fator que mais afeta a viabilidade de esporos de *P. psidii*, sendo que temperaturas elevadas estão correlacionadas com a menor incidência da doença.

No segundo experimento, a média da severidade da ferrugem nas espécies de eucalipto em casa de vegetação variou de 6,82 a 22,90 % de área foliar infectada (Tabela 7). Houve diferença significativa entre as médias pelo teste de Scott Knott ao nível de 5% de probabilidade. Pelos resultados obtidos pode-se separar as espécies em dois grupos distintos. Um primeiro grupo de espécies cuja severidade variou de 15,97 a 22,90 % nas espécies *E. dunni*, *E. citriodora*, *E. grandis*, *E. propinqua* e *E. robusta*, que podem ser consideradas como mais suscetíveis à ferrugem. O segundo grupo com as espécies *E. phaeotricha*, *E. microcorys*, *E. urophylla*, *E. saligna* e *E. urograndis*, considerado como mais resistentes à ferrugem com a variação entre 6,82 a 12,82% da severidade.

O progresso da doença a partir do parâmetro de severidade no segundo experimento (Figura 8) ilustra que as espécies *E. dunni*, *E. citriodora*, *E. grandis* e *E. propinqua*

apresentaram pústulas maiores e com maior desenvolvimento em relação às demais espécies. Enquanto, as espécies *E. saligna* e *E. urograndis* apresentaram pústulas menores durante as avaliações.



**Figura 8.** Severidade (% da área foliar infectada) da ferrugem em dez espécies de eucalipto, em condições de casa de vegetação, no segundo experimento.

A média da severidade foi diferente nos dois experimentos, sendo maior no primeiro experimento. De maneira geral, no primeiro experimento, as espécies foram mais suscetíveis à ferrugem, apresentando maior severidade. A umidade relativa e a temperatura são variáveis que podem ter influenciado nessas diferenças entre os ensaios. De acordo com os resultados dos dois experimentos, pode-se afirmar que as espécies *E. urophylla*, *E. urograndis*, *E. saligna* e *E. microcorys* comportaram-se como mais resistentes à ferrugem do eucalipto.

As diferenças nos resultados de espécies resistentes entre os parâmetros de número médio de pústulas por folíolo e severidade podem ser explicadas pela escala de notas utilizada na avaliação do parâmetro em questão, cuja qual leva em consideração a classe de severidade de acordo com o tamanho da pústula. Segundo Junghans et al. (2003), não existe relação direta entre o tamanho de pústulas e sua distribuição na folha, neste caso, a resistência reflete a capacidade do hospedeiro de restringir o crescimento e desenvolvimento do patógeno no órgão inoculado, enquanto o número e a distribuição de pústulas, relaciona-se também com a distribuição de esporos do patógeno durante a inoculação.

Os resultados do presente trabalho corroboram com Santos (2011), que em estudo sobre a resistência genética à ferrugem através do parâmetro de severidade avaliada pela escala de notas para avaliação da resistência à ferrugem do eucalipto de Junghans, verificou que *E. urophylla* apresentou maior número de plantas resistentes que *E. grandis*.

Segundo Furtado e Marino (2003), as espécies *E. grandis*, *E. cloeziana*, *E. phaeotricha*, *E. globulus* e *E. nitens* são as mais suscetíveis à ferrugem. Xavier et al. (2007), relatou que *E. globulus* exibiu maior porcentagem de indivíduos resistentes que *E. nitens*.

Zauza et al. (2010), relata que as espécies *E. urophylla*, *E. tereticornis*, *E. pellita* e *E. camaldulensis* destacam-se como predominantemente resistentes e *E. grandis*, *E. globulus*, *E. nitens* e *E. cloeziana* como suscetíveis.

A média do período latente médio das espécies variou entre 5,80 a 15,97 dias no segundo experimento (Tabela 6). Não houve diferença estatisticamente significativa entre as médias pelo teste de Scott Knott ao nível de 5% de probabilidade. Apesar de não ter havido diferença estatística entre as espécies, neste ensaio, duas espécies *E. grandis* e *E. citriodora* apresentaram maior período latente médio sendo 15,97 e 13,12 dias, respectivamente, comportando-se como mais resistentes. As espécies *E. urophylla*, *E. urograndis* e *E. saligna* apresentaram os menores valores de período latente médio variando de 5,80 a 7,40 dias, sendo consideradas como mais suscetíveis.

Se considerarmos que o período latente de *P. psidii* é relativamente curto, variando em média de cinco a sete dias (RUIZ et al., 1989b; ALFENAS et al., 2000), espécies com período latente médio superior a doze dias, poderiam ser classificadas como possuidoras de resistência parcial, como as espécies *E. propinqua*, *E. citriodora*, *E. grandis*, *E. urograndis* e *E. dunni* no primeiro experimento e *E. citriodora* e *E. grandis* no segundo experimento.

A variação das médias de período latente médio entre as espécies observada neste trabalho também tem sido verificada por diversos autores, com outras espécies e procedências de *Eucalyptus* spp. (CASTRO et al., 1983; CASTRO et al. 1985; RUIZ et al., 1989a).

AZEVEDO et al. (2007) e MARTINS et al. (2007), avaliando a resistência em casa de vegetação de genótipos de soja à *P. pachyrhizi* também utilizaram o período latente médio como parâmetro de resistência, já que a ferrugem lenta é considerada como uma forma de resistência parcial.

#### 4.2.2.2 Área abaixo da curva do progresso da doença (AACPD)

No segundo experimento, os valores médios da área abaixo da curva do progresso da doença (AACPD) para o número médio de pústulas por folíolo variou de 9,35 a 117,15 e para severidade a área abaixo da curva do progresso da doença (AACPD) variou de 103,08 a 312,84 (Tabela 7). Não houve diferença estatisticamente significativa entre as médias pelo teste de Scott Knott a 5%. Neste ensaio, três espécies apresentaram valores mais elevados de AACPD Pus e AACPD Sev, *E. citriodora*, *E. dunni* e *E. grandis*, essas espécies comportaram-se como mais suscetíveis à ferrugem. Por outro lado, as espécies *E. saligna*, *E. urophylla* e *E. urograndis* comportaram como mais resistentes à ferrugem do eucalipto, devido apresentarem os mais baixos valores de AACPD Pus e AACPD Sev.

A área abaixo da curva do progresso da doença também tem sido utilizada por diversos autores para quantificar níveis de resistência parcial com outros patossistemas (MALAVOLTA, 1995; CHAVES et al., 2004; CRUVINEL et al., 2004; BALARDIN et al., 2005; AZEVEDO et al., 2007; MARTINS et al., 2007). Porém não há estudos epidemiológicos sobre o patossistema *P. psidii* x eucalipto que utilizem esse parâmetro policíclico na avaliação da resistência quantitativa ou parcial.

**Tabela 7.** Área abaixo da curva do progresso da doença de *Puccinia psidii*, dos parâmetros de número médio de pústulas e severidade, em dez espécies de eucalipto em condições de casa de vegetação, no segundo experimento.

Espécie	AACPD Pust <sup>(1)</sup>	AACPD Sev <sup>(1)</sup>
<i>E. citriodora</i>	117,15 a	312,84 a
<i>E. grandis</i>	91,06 a	281,30 a
<i>E. dunni</i>	49,50 a	368,26 a
<i>E. microcorys</i>	47,75 a	211,32 a
<i>E. phaeotricha</i>	44,20 a	201,40 a
<i>E. propinqua</i>	29,50 a	257,88 a
<i>E. robusta</i>	22,90 a	259,58 a
<i>E. saligna</i>	16,00 a	106,40 a
<i>E. urophylla</i>	9,90 a	146,40 a
<i>E. urograndis</i>	9,35 a	103,08 a
CV (%)	109,21	84,85

<sup>(1)</sup> Dados originais sem transformação. Número médio de pústulas. Médias seguidas da mesma letra não diferem entre si, ao nível de 5%, pelo teste de Scott Knott. Cada repetição refere-se a média de 10 plantas.

Com os resultados dos dois experimentos, pode-se afirmar que as espécies *E. urophylla*, *E. urograndis*, *E. saligna* e *E. microcorys* apresentaram maiores níveis de resistência parcial à ferrugem do eucalipto.

### 4.3 Correlação residual entre os parâmetros de resistência parcial

Houve correlação residual significativa entre todos os parâmetros com o  $r$  crítico de 0,267 a 1% (Tabela 8). As mais altas correlações entre os parâmetros de resistência parcial foram observadas entre o número médio de pústulas por folíolo e a severidade ( $r = 0,73$ ), bem como entre área abaixo da curva do progresso da doença baseada na variável de número médio de pústulas (AACPD Pus) e a severidade ( $r = 0,73$ ), e entre área abaixo da curva do progresso da doença baseada na variável de severidade (AACPD Sev) e o número médio de pústulas ( $r = 0,73$ ).

**Tabela 8.** Correlação residual entre os parâmetros de resistência parcial à *Puccinia psidii* em casa de vegetação.

Parâmetros	PLM	PUS	SEV	AACPD Pus	AACPD Sev
<b>PLM</b> <sup>(1)</sup>	1	0,33	0,62	0,31	0,61
<b>PUS</b> <sup>(2)</sup>		1	0,73	0,99	0,73
<b>SEV</b> <sup>(3)</sup>			1	0,73	0,99
<b>AACPD Pus</b> <sup>(4)</sup>				1	0,72
<b>AACPD Sev</b> <sup>(5)</sup>					1

<sup>(1)</sup> PLM – Período latente médio

<sup>(2)</sup> PUS – Número médio de pústulas por folíolo

<sup>(3)</sup> SEV – Severidade

<sup>(4)</sup> AACPD Pus – Área abaixo da curva do progresso da doença baseada no parâmetro de número médio de pústulas

<sup>(5)</sup> AACPD Sev – Área abaixo da curva do progresso da doença baseada no parâmetro de severidade

\* Correlação significativa entre todos os parâmetros a 1%.

Dessa forma, conclui-se que as variáveis severidade e número médio de pústulas por folíolo devem ser avaliadas nos estudos epidemiológicos de *P. psidii* versus eucalipto. As correlações entre a área abaixo da curva do progresso da doença baseada no parâmetro de número médio de pústulas (AACPD Pus) e número médio de pústulas ( $r = 0,99$ ) e área abaixo da curva do progresso da doença baseada no parâmetro de severidade (AACPD Sev) e severidade ( $r = 0,99$ ), não foram consideradas como as mais altas correlações por serem dependentes matemáticas.

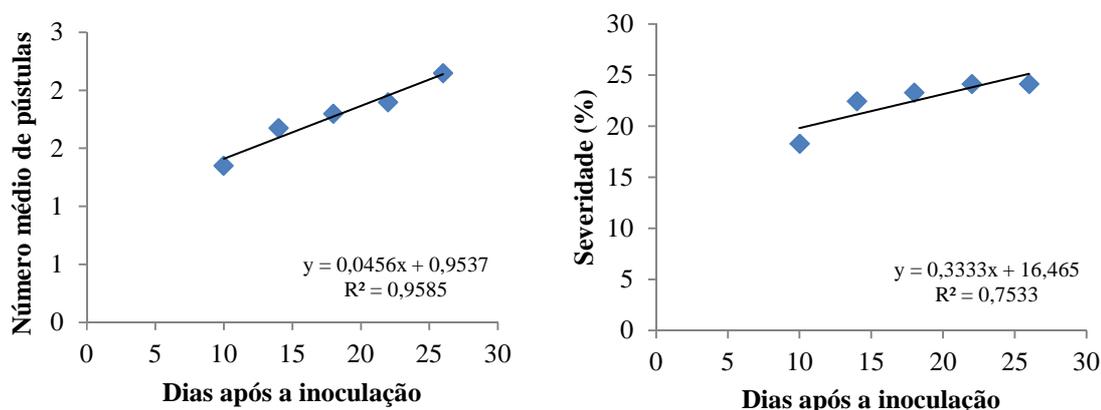
#### 4.4 Curva de progresso da ferrugem nas espécies de eucalipto

As Figuras de 9 a 18 apresentam a curva de progresso da ferrugem do eucalipto, nas dez espécies avaliadas, baseada nos parâmetros de número médio de pústulas por folíolo e severidade. Em todos os gráficos se observa um crescimento linear da doença com o coeficiente de determinação ( $R^2$ ) variando de 80,67 a 96,38% no parâmetro de número médio de pústulas por folíolo e  $R^2$  de 50,00 a 98,43% no parâmetro de severidade.

As espécies *E. propinqua*, *E. urograndis*, *E. robusta* e *E. saligna* apresentaram uma menor taxa de infecção da doença comportando-se como mais resistentes à ferrugem quando avaliado o número médio de pústulas por folíolo. Enquanto que as espécies *E. citriodora*, *E. dunnii* e *E. phaeotricha* exibiram um maior número de pústulas por folíolo, com o desenvolvimento da ferrugem mais acentuado, o que as caracteriza como suscetíveis.

No parâmetro severidade verifica-se que o *E. robusta*, *E. saligna*, *E. urograndis* e *E. urophylla* apresentaram um menor desenvolvimento micelial intercelular, resultando em pústulas com menores diâmetros, classificando-as como espécies mais resistentes à ferrugem. As espécies *E. citriodora*, *E. dunnii* e *E. phaeotricha* exibiram pústulas maiores comportando-se como mais suscetíveis.

A maior suscetibilidade da espécie *E. phaeotricha* à ferrugem possivelmente está relacionada com a taxa de crescimento mais lenta dessa espécie em relação as demais.



**Figura 9.** Regressão da curva do progresso da ferrugem em *E. propinqua*.

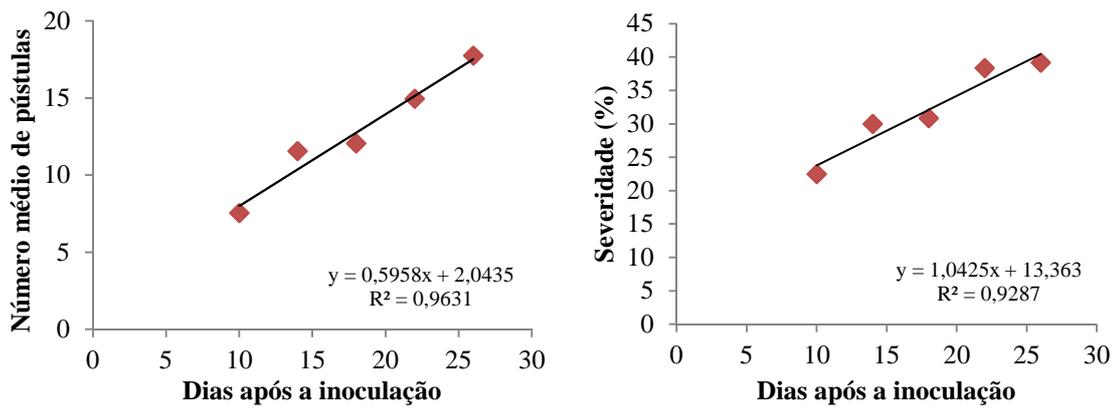


Figura 10. Regressão da curva do progresso da ferrugem em *E. citriodora*.

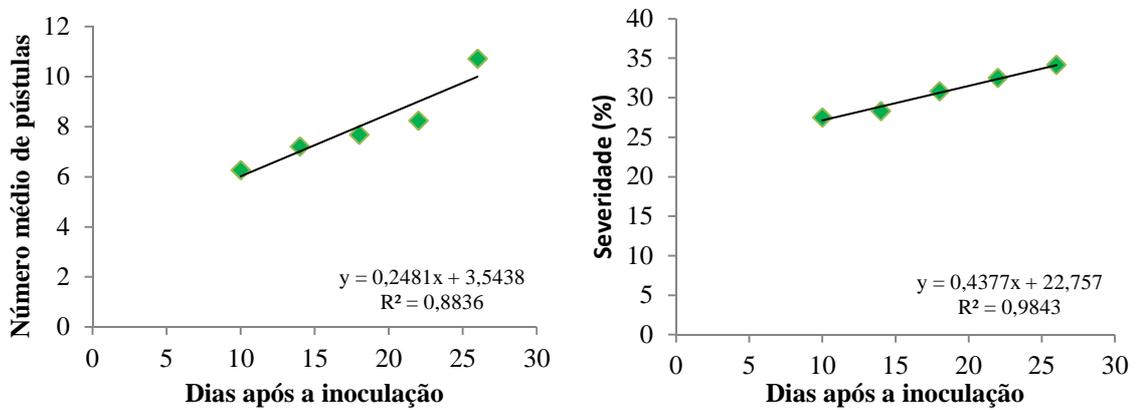


Figura 11. Regressão da curva do progresso da ferrugem em *E. grandis*.

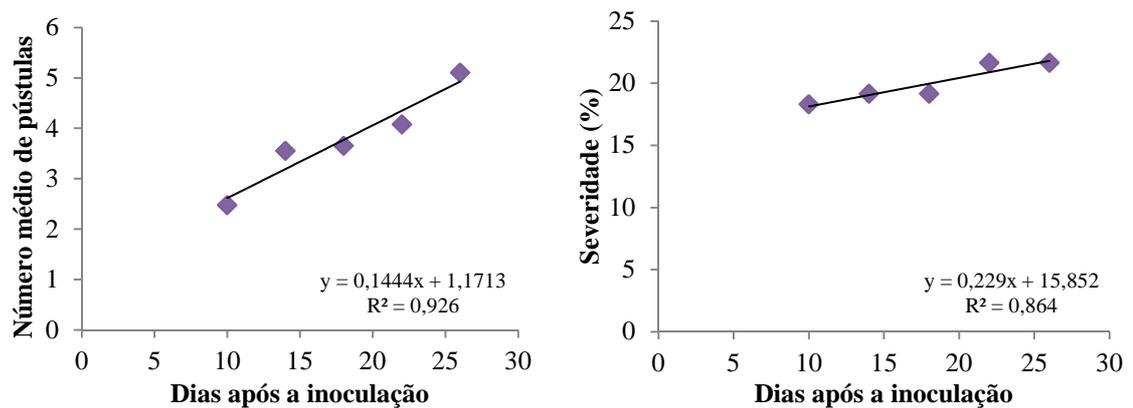


Figura 12. Regressão da curva do progresso da ferrugem em *E. urophylla*.

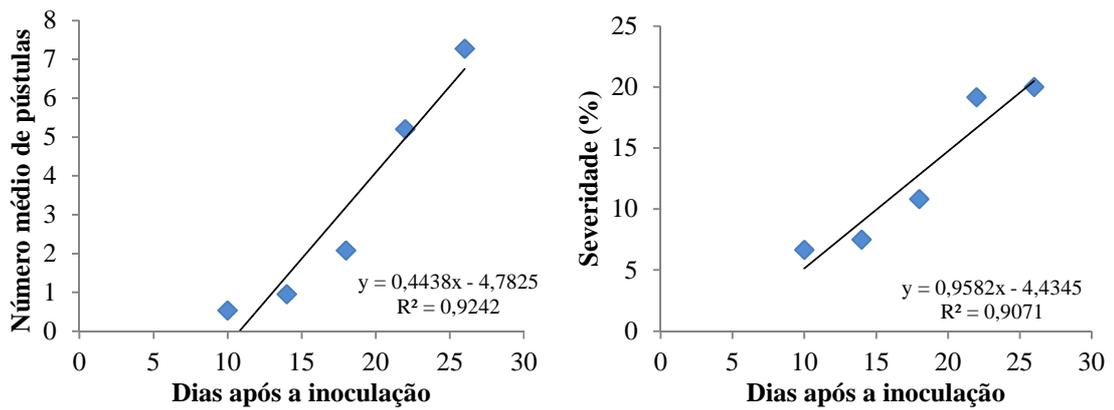


Figura 13. Regressão da curva do progresso da ferrugem em *E. microcorys*.

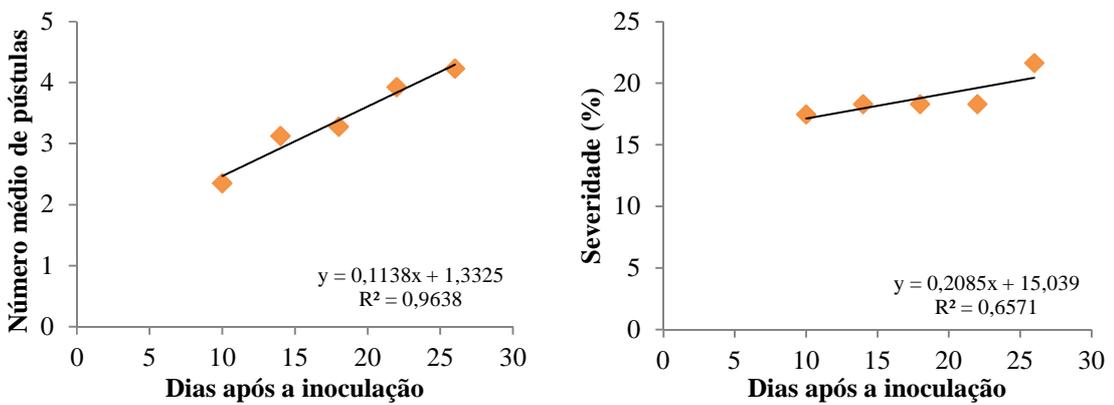


Figura 14. Regressão da curva do progresso da ferrugem em *E. urograndis*.

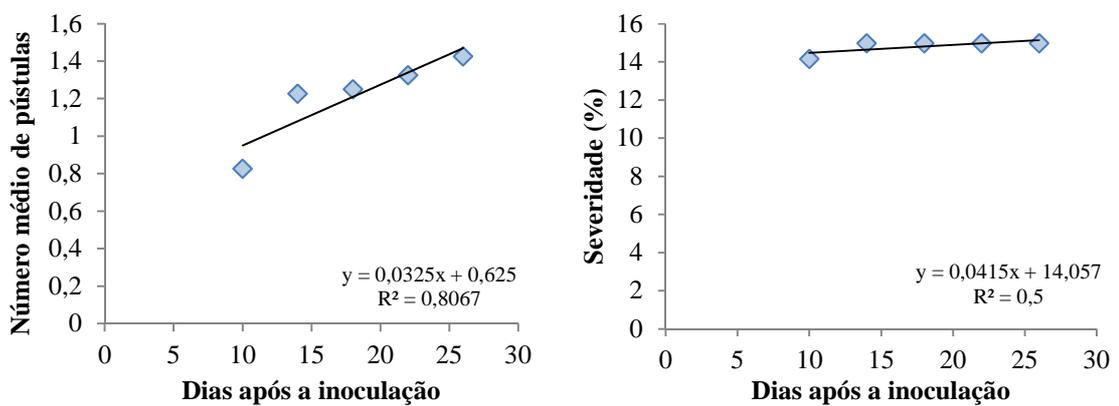


Figura 15. Regressão da curva do progresso da ferrugem em *E. robusta*.

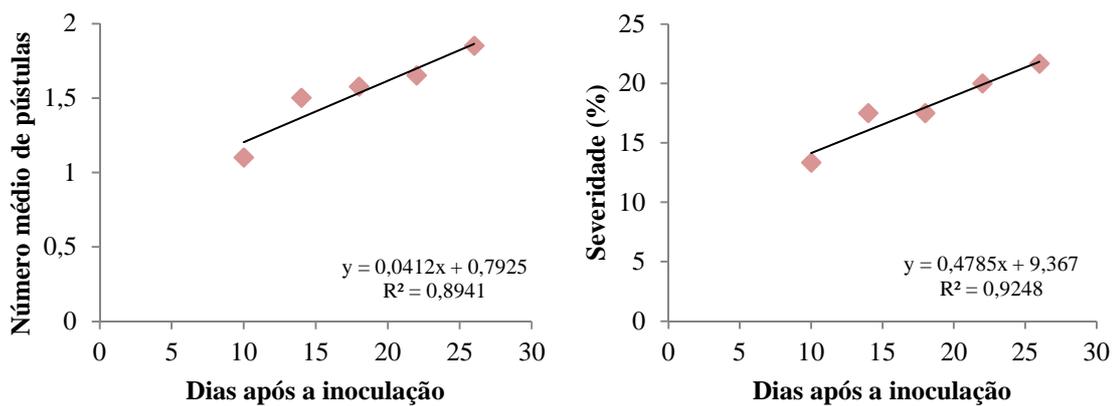


Figura 16. Regressão da curva do progresso da ferrugem em *E. saligna*.

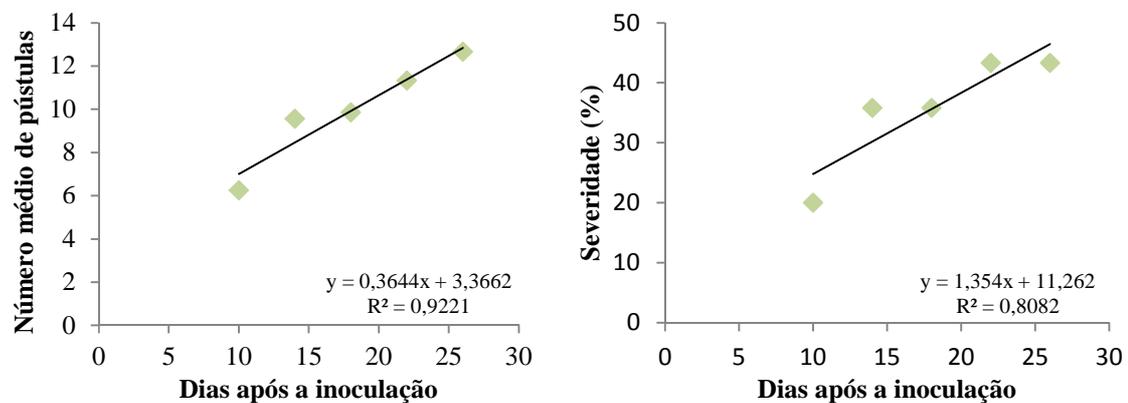


Figura 17. Regressão da curva do progresso da ferrugem em *E. dunni*.

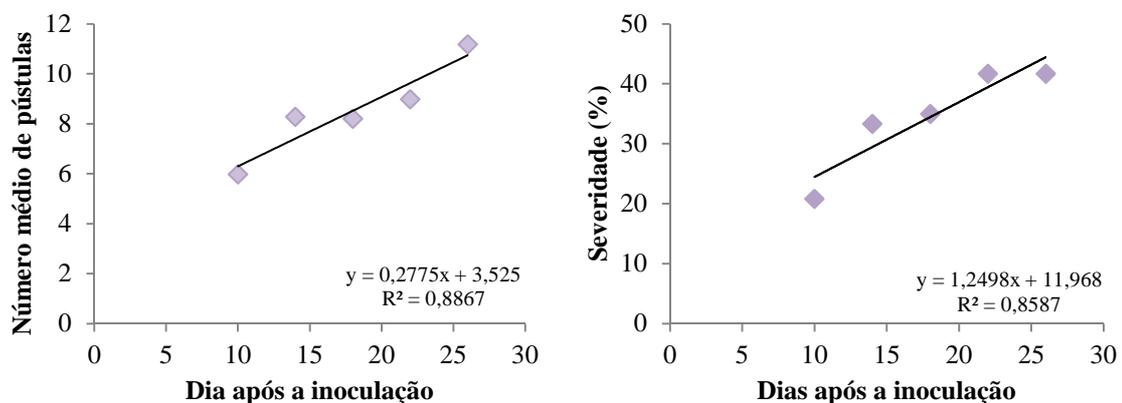


Figura 18. Regressão da curva do progresso da ferrugem em *E. phaeotricha*.

## 5 CONCLUSÕES

De acordo com os dados obtidos neste trabalho, conclui-se que a espécie *E. urograndis* apresentou resistência parcial à *Puccinia psidii* exibindo uma somatória de efeitos sobre as variáveis analisadas, apresentando um menor número médio de pústulas por folíolo, menor severidade, maior período latente médio e valores menores da área abaixo da curva do progresso da doença.

As espécies *E. saligna* e *E. urophylla* foram moderadamente resistentes apenas quando se avaliou número médio de pústulas por folíolo, severidade e AACPD e *E. robusta* quando se quantificou número médio de pústulas por folíolo e severidade.

## 6 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ABRAF. **Anuário Estatístico da ABRAF 2012, ano base 2011**. Associação Brasileira Florestal dos Produtores de Florestas Plantadas. 2012. Disponível em: <<http://www.abraflor.org.br/estatisticas/ABRAF12/ABRAF12-BR.pdf>>. Acesso em: 05 de julho de 2012.
- AGRIOS, G. N. **Plant Pathology**. Amsterdam: Elsevier Academic Press, 5 ed., 2005. 922 p.
- ALFENAS, A. C.; ZAUZA, E. A. V.; MAFIA, R. G.; ASSIS, T. F. de. **Clonagem e doenças do eucalipto**. Viçosa: Editora UFV, 2004. 442p.
- ALFENAS, A. C.; ZAUZA, E. A. V.; MAFIA, R. G.; ASSIS, T. F. de. **Clonagem e doenças do eucalipto**. Viçosa: Editora UFV, 2 ed., 2009. 500p.
- ALFENAS, A. C., BROMMONSCHENKEL, S. H., MAFFIA, L. A., JUNGHANS, D. T., XAVIER, A. A., RUIZ, R. A. R., ODA, S., MELLO, E. J. Ferrugem do eucalipto: etiologia, epidemiologia e controle. In: **Seminário de ferrugem do eucalipto**, 1, 2000. 6p.
- ALFENAS, A. C.; ZAUZA, E. A. V. **Doenças na cultura do eucalipto**. Viçosa: SIF, 2007. 164p.
- APARECIDO, C. C., FIGUEIREDO, M. B., FURTADO, E. L. Efeito da idade e temperatura na germinação de uredíniosporos de *Puccinia psidii* coletados de jameiro (*Syzygium jambos*) e de goiabeira (*Psidium guajava*). **Summa Phytopathologica**, v.29, p.30-33, 2003b.
- APARECIDO, C. C., FIGUEIREDO, M. B., FURTADO, E. L. Influência da temperatura sobre a infecção, formação de teliosporos e produção de basidiósporos por *Puccinia psidii*. **Summa Phytopathologica**, v.29, p.239-243, 2003a.
- AZEVEDO, L. A. S.; JULIATTI, F. C.; BARRETO, M. Resistência de genótipos de soja a *Phakopsora pachyrhizi*. **Summa Phytopathologica**, v. 33, n. 3. 2007.
- AZEVEDO, L. A. S. **Resistência parcial de genótipos de soja a *Phakopsora pachyrhizi* e sua interação com fungicidas**. 2005. 68p. Tese (Doutorado em Agronomia – Produção Vegetal) - Universidade Estadual Paulista, Jaboticabal.
- BRACELPA. **Publicação mensal da Associação Brasileira de Celulose e Papel**. Associação Brasileira de Celulose e Papel. 2012. Disponível em: <<http://www.bracelpa.org.br/bra2/sites/default/files/conjuntura/CB-044.pdf>>. Acesso em: 23 de junho de 2012.
- BALARDIN, R. S.; NAVARINI, L.; DALLAGNOL, L. J. Epidemiologia da Ferrugem da Soja. In: JULIATTI, C. F.; POLIZEL, C. A.; HAMAWAKI, T. O. In: I Workshop Brasileiro sobre a Ferrugem Asiática: **Coletânea**.Uberlândia: EDUFU, p.39-50, 2005.
- BERTOLUCCI, F.; REZENDE, G.; PENCHEL, R. Produção e utilização de híbridos de eucalipto. **Silvicultura**, v.51, p.12-16, 1995.

BLUM, L. E. B.; DIANESE, J. C. Padrões de liberação de uredinósporos e desenvolvimento da ferrugem do jambeiro. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**. Brasília, v. 36, n. 6, p. 845-850, 2001.

CAMARGO, F. R. A., TAKAHASHI, S. S., FURTADO, E. L., VALLE, C. F., BONINE, C. A. V. Ocorrência e evolução da ferrugem do eucalipto em duas regiões do Estado de São Paulo. **Fitopatologia Brasileira**, v. 22, p. 254, 1997.

CAMARGO, L. E. A. Controle Genético. In: AMORIN, L.; REZENDE, J. A. M.; BERGAMIM FILHO, A. **Manual de Fitopatologia: Princípios e Conceitos**. 4 ed., São Paulo: Agronômica Ceres, 2011. v. 1, p. 325 – 340.

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

CARLINI, R. C. **Germinação de uredosporos e período latente de *Phakopsora pachyrhizi* determinado por tempo cronológico e unidades de calor**. 2009, 63p. Dissertação (Mestrado em Agronomia) – Universidade de Passo Fundo, Passo Fundo.

CARNEGIE, A. J.; LIDBETTER, J. R.; WALKER, J.; HORWOOD, M. A.; TESORIERO, L.; GLEN, M.; PRIEST, M. J. *Uredo rangelli*, a taxon in the guava rust complex, newly recorded on Myrtaceae in Australia. **Australasian Plant Pathology**, v.39, p. 463-466, 2010.

CARVALHO, D. F. **Dados meteorológicos da Estação Ecologia Agrícola (83741), localizada no município de Seropédica**. UFRRJ: Instituto de Tecnologia – Seropédica, 2011. Disponível em: <<http://www.ufrj.br/institutos/it/deng/daniel/dadosclimaticos.htm>>. Acesso em: 20 de julho de 2012.

CASTRO, H. A. **Padronização de metodologia de inoculação e avaliação de resistência de *Eucalyptus* sp. à ferrugem causada por *Puccinia psidii* Winter**. 1983. 116p. Tese (Doutorado em Fitopatologia) – ESALQ, Universidade de São Paulo, Piracicaba.

CASTRO, H. A., KRUGNER, T. L.; BERGAMIN FILHO, A. Especialização fisiológica no sistema *Eucalyptus grandis* – *Puccinia psidii* Winter. **Ciência e Prática Lavras**, v. 9, p. 80-92, 1985.

CHAVES, M. S.; MARTINELLI, J. A.; FEDERIZZI, L. C. Resistência quantitativa à ferrugem da folha em genótipos de aveia branca: I – Caracterização da reação em condições de campo. **Fitopatologia Brasileira**, v. 29, p. 39-46, 2004.

COOK, B. M.; JONES, D. G.; KAYE, B. **The Epidemiology of Plant Diseases**. Springer, 2 ed., 2006. 576p.

COSTA, J. A. **Qualidade da madeira de *Eucalyptus urograndis*, plantado no Distrito Federal, para produção de celulose Kraft**. 2001. 86p. Dissertação (Mestrado em Ciências Florestais) – Universidade de Brasília, Brasília.

COUTINHO, T.A.; WINGFIELD, M.J.; ALFENAS, A.C.; CROUS, P.W. Eucalyptus rust: a disease with the potential for serious international implications. **Plant Disease**, v.82, p. 819-925, 1998.

CRUVINEL, A. R.; OTTONI, G.; LIMA, L. P.; GODOY, C. V. Utilização da área abaixo da curva de progresso da doença relativa para estudos epidemiológicos da ferrugem asiática da soja. In: 26ª Reunião de Pesquisa de Soja da Região Central do Brasil, 2004, Ribeirão Preto. **Anais**. Londrina: Embrapa Soja, 2004. p. 186.

ELDRIDGE, K.; DAVIDSON, J.; HARDWOOD, H.; WYK, G. **Eucalypt domestication and breeding**. Oxford: Clarendon, 1993. 288p.

FERREIRA, F. A. Enfermidades do eucalipto. **Informe agropecuário**, v. 12, p. 59-70, 1986.

FERREIRA, F. A. Ferrugem do eucalipto: ocorrências, temperatura para germinação de uredosporo, produção de teliosporo, hospedeiro alternativo e resistência. **Fitopatologia Brasileira**, v. 6, p. 603-604, 1981.

FERREIRA, F. A. Ferrugem do eucalipto. **Revista Árvore**, Viçosa, v.7, n.2, p. 23-27, 1983.

FERREIRA, F. A. **Patologia Florestal – Principais Doenças Florestais do Brasil**. Viçosa: Sociedade de Investigações Florestais, 1989. 570p.

FERREIRA, F. A.; SILVA, A. R. C. Comportamento de procedências de *Eucalyptus grandis* e de *E. saligna* à ferrugem (*Puccinia psidii*). **Fitopatologia Brasileira**, v.7, p. 23-27, 1982.

FERREIRA, F. A.; MILANI, D. **Diagnose visual e controle das doenças abióticas e bióticas no Brasil. Visual diagnosis and control of abiotic and biotic Eucalyptus diseases in Brasil**. Mogi Guaçu: International Paper, 2002, 98p.

FERREIRA, M. Escolha de espécies de eucalipto. **Circular Técnica IPEF**, v. 47, p. 1-30, 1979.

FERREIRA, M.; SIMÕES, J. W.; JÚNIOR, L. S.; SANTOS, P. E. T. Teste de populações de *Eucalyptus phaeotricha* Blakely & Mckie em Anhembi, SP. **Circular Técnica IPEF**, n. 45, p. 1-13, 1992.

FIGUEIREDO, M. B.; COUTINHO, L. N.; HENNEN, J. F. Estudos para determinação do ciclo vital de *Puccinia psidii* Winter. **Summa Phytopathologica**, v. 10, p. 32, 1984.

FIGUEIREDO, M. B.; CARVALHO JUNIOR, A. A. Efeito da lavagem dos soros na germinação dos soros telióides de *Puccinia pampeana*. **Summa Phytopathologica**, v.20, p. 101-104, 1994.

FIGUEIREDO, M. B.; CARVALHO JUNIOR, A. A. Presença de um auto-inibidor nos teliosporos telióides de *Puccinia pampeana* e o seu papel na sobrevivência da espécie. **Summa Phytopathologica**, v. 21, p. 200-205, 1995.

FIGUEIREDO, M. B. Doenças fúngicas emergentes em grandes culturas. **Biológico**, São Paulo, v. 63, n. 1, p. 29-32, 2001.

FILHO, E. P. Cultivo do Eucalipto. **Embrapa Florestas: Sistema de Produção**, v. 4, 2 ed., 2010.

FONSECA, S. M.; RESENDE, M. D. V.; ALFENAS, A. C.; GUIMARAES, L. M. S.; ASSIS, T. F.; GRATTAPAGLIA, D. **Manual prático de melhoramento genético do eucalipto**. Viçosa: Editora UFV, 2010. 200p.

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

FURTADO, E. L.; SANTOS, C. A. G.; MASSON, M. V. Impacto potencial das mudanças climáticas sobre a ferrugem do eucalipto no Estado de São Paulo. In: GHINI, R.; HAMADA, E. **Mudanças climáticas: impactos sobre doenças de plantas no Brasil**. Brasília: Embrapa Informação Tecnológica, 2008. p. 273-286.

FURTADO, E. L.; SANTOS, C. A. G.; TAKAHASHI, S. S.; CAMARGO, F. R. A. **Doenças de *Eucalyptus* em viveiro e plantio: diagnose e manejo**. Votorantim Celulose e Papel, Unidade Florestal – Boletim técnico, 48p., 2001.

FURTADO, Q. G.; CASTRO, H. A.; POZZA, E. A. Variabilidade fisiológica de *Puccinia psidii* Winter em *Eucalyptus grandis* e no híbrido *urograndis*. **Summa Phytopathologica**, v. 31, p. 227, 2005.

GIT FORESTRY. **Global *Eucalyptus* Map 2009**. Consutoría y servicios de ingeniería agroforestal. Disponível em: <[http://git-forestry.com/download\\_git\\_eucalyptus\\_map.htm](http://git-forestry.com/download_git_eucalyptus_map.htm)>. Acesso em: 23 de junho de 2012.

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

IPEF. **Lista de sementes de *Eucalyptus* e *Pinus***. Instituto de Pesquisa e Estudos Florestais. 2012. Disponível em: <<http://www.ipef.br/sementes/eucapinus.asp>>. Acesso em: 10 de julho de 2012.

JEGER, M. J.; VILJANEN-ROLLINSON, S. L. H. The use of the area under the disease-progress curve (AUDPC) to assess quantitative disease resistance in crop cultivars. **Theoretical and Applied Genetics**, Berlin, v. 102, n. 2, p. 32-40, 2001.

JOFFILY, J. Ferrugem do eucalipto. **Bragantia**, Campinas, v. 4, n. 8, p. 475-487, 1944.

JUNGHANS, D. T.; ALFENAS, A. C.; MAFFIA, L. A. Escala de notas para quantificação da ferrugem em *Eucalyptus*. **Fitopatologia Brasileira**, v. 28, p. 184-188, 2003.

JUNGHANS, D. T. **Quantificação da severidade, herança da resistência e identificação de marcadores RAPD ligados à resistência à ferrugem (*Puccinia psidii*) em *Eucalyptus grandis***. 2000. 53p. Tese (Doutorado em Fitopatologia) – Universidade Federal de Viçosa, Viçosa.

KAWANISHI, T.; UEMATSU, S.; KAKISHIMA, M.; KAGIWADA, S.; HAMAMOTO, H.; HORIE, H.; NAMBA, S. First report of rust disease on ohia and the causal fungus, *Puccinia psidii*, in Japan. **General Plant Pathology**, v. 75, p. 428-431, 2009.

KRUGNER, T. L.; AUER, C. G. Doenças dos eucaliptos. In: KIMATI, H.; AMORIM, L.; REZENDE, J. A. M.; BERGAMIN FILHO, A.; CAMARGO, L. E. A. (Ed.). **Manual de fitopatologia: doenças das plantas cultivadas**. 4. ed. São Paulo: Agronômica Ceres, 2005. p. 319-332.

MACLACHLAN, J. D. A rust of the pimento tree in Jamaica, B.W.I. **Phytopathology**, v.28, p.157-170, 1938.

MALAVOLTA, V. M. A.; PETTINELLI, J. R. A.; FANTIN, G. M.; SOUZA, T. M. W. Determinação de níveis de resistência parcial à brusone em cinco genótipos de arroz. **Summa Phytopathologica**. v. 21, n. 2, p. 117-123, 1995.

MARLATT, R. B.; KIMBROUGH, J. W. *Puccinia psidii* on *Pimenta dioica* in South Florida. **Plant Disease**, v.63, p.510-512, 1979.

MARTINS, I. S. **Comparação entre métodos uni e multivariados aplicados na seleção em *Eucalyptus grandis***. 1999. 94p. Tese (Doutorado em Genética e Melhoramento) – Universidade Federal de Viçosa, Viçosa.

MARTINS, J. A. S.; JULIATTI, F. C.; SANTOS, V. A.; POLIZEL, A. C.; JULIATTI, F. C. Período latente e uso da análise de componentes principais para caracterizar a resistência parcial à ferrugem da soja. **Summa Phytopathologica**, v. 33, n. 4, p. 364-371, 2007.

MASSON, M. V.; FURTADO, E. L.; SANTOS, C. A. G. Zoneamento climático e ocorrência de ferrugem do eucalipto no extremo Sul do Estado da Bahia. In: Congresso Brasileiro de Fitopatologia, 40, 2007, Maringá. **Anais...Maringá**. 2007.

McKINNEY, H. H. Influence of soil, temperature and moisture on infection of wheat seedlings by *Helminthosporium sativum*. **Journal of Agricultural Research**, Washington, v. 26, p. 195-217, 1923.

MONTANARI, R.; MARQUES JÚNIOR, J.; CAMPOS, M. C. C.; CAVALCANTE, I. H. L. Níveis de resíduos de metalurgia e substratos na formação de mudas de eucalipto (*Eucalyptus urograndis*). **Revista de Biologia e Ciências da Terra**, v. 7, p. 59-66, 2007.

MORA, A. L.; GARCIA, C. H. **A cultura do Eucalipto no Brasil**. São Paulo: Sociedade Brasileira de Silvicultura, 2000, 112p.

NUTMAN, F.J.; ROBERTS, F.M. Studies on the biology of *Hemileia vastatrix* Berk et Br. **Trans. Brit. Mycol. Soc.**, v. 46, p. 27-48, 1963.

PARLEVLIET, J. E. Components of resistance that reduce the rate of epidemic development. **Annual Review of Phytopathology**, Palo Alto, v. 17, p. 203-222, 1979.

PARLEVLIET, J. E. Present concepts in breeding for disease resistance. **Fitopatologia Brasileira**, v. 22, p. 7-15, 1997. Suplemento.

PARLEVLIET, J. E. What is durable resistance, a general outline. In: JACOBS, Th.; PARLEVLIET, J. E. (eds.) **Durability of disease resistance**. Netherlands: Kluwer Academics, 1993. p. 23-39.

PARLEVLIET, J. E.; VAN OMMEREN, A. Partial resistance of barley to leaf rust, *Puccinia hordei*. II: Relationship between field trials, micro plot tests and latent period. **Euphytica**, Wageningen, v. 24, p. 293-303, 1975.

RAYACHHETRY, M. B.; ELLIOTT, M. T.; VAN, T. K. Natural epiphytotic of the rust *Puccinia psidii* in *Malaleuca quinquenervia* in Florida. **Plant Disease**, v. 81, p. 831, 1997.

REIS, E. M.; RICHTER, R. L. Efeito de substratos sobre a germinação de uredosporos e comprimento de tubos germinativos de *Puccinia triticina*. **Fitopatologia Brasileira**, v. 32, n. 1, p. 75-78, 2007.

ROXO, C. A. **Proposta de agenda do setor brasileiro de florestas plantadas**. Palestra no Seminário "A Questão Florestal e o Desenvolvimento", Brasília, 8 de julho de 2003.

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

RUIZ, R. A. R.; ALFENAS, A. C.; MAFFIA, L. A.; BARBOSA, M. M. Progresso da ferrugem do eucalipto, causada por *Puccinia psidii*, em condições de campo. **Fitopatologia Brasileira**, v. 14, p. 73-81, 1989b.

RUY, O. F. **Variação na qualidade da madeira em clones de Eucalyptus urophylla S. T. Blake da Ilha de Flores, Indonésia**. 1998. 69p. Dissertação (Mestrado em Engenharia Florestal) – Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz”. Universidade de São Paulo, Piracicaba.

SANTOS, A. F.; AUER, C. G.; GRIGOLETTI JÚNIOR, A. Doenças do eucalipto no sul do Brasil: identificação e controle. **Embrapa: Circular Técnica**. Colombo, Junho, 2001.

SANTOS, M. R. **Resistência genética à ferrugem em Eucalyptus pellita e E. urophylla x E. grandis**. Viçosa, 2011. 47p. Dissertação (Mestrado em Genética e Melhoramento) – Universidade Federal de Viçosa, Viçosa.

SBS. **Sociedade Brasileira de Silvicultura**. Fatos e números do Brasil Florestal 2008. Ano base 2007. Disponível em: <http://www.sbs.org.br/FatoseNumerosdoBrasilFlorestal.pdf>. Acessado em: 08 de abril de 2012.

SCANAVACA JUNIOR, L.; GARCIA, J. N. Potencial de melhoramento genético em *Eucalyptus urophylla* procedente da Ilha Flores. **Scientia Forestalis**, n. 64, p. 23-32, 2003.

SHANER, G.; HESS, F. D. Equations for integrating components of slow leaf-rusting in wheat. **Phytopathology**, St. Paul, v. 68, p. 1464-1469, 1978.

SHARVELLE, E. G. Chemical control of plant disease. **Fort Worth**. Prestigie Press. 1969.

- SILVA, J. C. Cresce presença do eucalipto no Brasil. **Revista da Madeira**, n. 92, p. 61-66, 2005.
- SILVA, J. C. Descrição de algumas espécies de eucalipto. **Revista Madeira**, n. 75, 2003.
- SUZUKI, M. S.; SILVEIRA, S. F.; ALFENAS, A. C. Germinação de uredíniosporos de *Puccinia psidii* Wint. em meio de ágar com extratos foliares de goiaba, jambo ou eucalipto. **Fitopatologia Brasileira**, v. 23, p. 285. 1998.
- SUZUKI, M. S.; SILVEIRA, S. F. Germinação *in vitro* de uredosporos de *Puccinia psidii* armazenados sob diferentes combinações de umidade relativa e temperatura. **Summa Phytopathologica**, v.29, p. 188-192, 2003.
- THOMÉ, G. C. H.; MILACH, S. C. K.; CRUZ, R. P.; FEDERIZZI, L. C. Melhoramento para resistência parcial a moléstias fúngicas em cereais. **Ciência Rural**, n. 29, p. 365-351, 1999.
- TRIGIANO, R. N.; WINDHAM, M. T.; WINDHAM, A. S. **Plant Pathology Concepts and Laboratory Exercises**. CRC Press, New York, 2004, 702p.
- UCHIDA, J.; ZHONG, S.; KILLGORE, E. First report of a rust disease on ‘Ohi’a caused by *Puccinia psidii* in Hawaii. **Plant Disease**, v. 90, p. 524, 2006.
- VANDERPLANK, J. E. **Principles of Plant Infection**. Academic Press, New York, 1975. 216p.
- VIÉGAS, A. P. **Índice de fungos da América do Sul**, Campinas: Instituto Agronômico, 1961. 921p.
- VIEIRA, I. G. **Estudo de caracteres silviculturais e de produção de óleo essencial de progênies de *Corymbia citriodora* (Hook) K. D. Hill & L. A. S. Johnson procedente de Anhembi SP – Brasil, Ex. Atherton QLD – Austrália**. 2004. 80p. Dissertação (Mestrado em Recursos Florestais) – Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz”. Universidade de São Paulo, Piracicaba.
- XAVIER, A. A.; ALFENAS, A. C.; MATSUOKA, K.; HODGES, C. S. Infection of resistant and susceptible *Eucalyptus grandis* genotypes by uredíniosporos of *Puccinia psidii*. **Australian Plant Pathology**, n. 30, p. 277-281, 2001.
- XAVIER, A. A.; SANFENTES, E. V.; JUNGHANS, D.T.; ALFENAS, A.C. Resistência de *Eucalyptus globulus* e *Eucalyptus nitens* à ferrugem (*Puccinia psidii*). **Revista Árvore**, v. 31, p. 731-735, 2007.
- ZAMBOLIM, L.; VALE, F. X. R.; COSTA, H.; JULIATTI, F. C. Manejo Integrado medidas de controle. In: VALE, F. X. R.; JESUS JUNIOR, W. C.; ZAMBOLIM, L. **Epidemiologia aplicada ao manejo de doenças de plantas**. Belo Horizonte: Editora Perfil, 2004. p. 465-520.

ZAUZA, E. A. V.; ALFENAS, A. C.; OLD, K.; COUTO, M. M. F.; GRAÇA, R. N.; MAFFIA, L. A. Myrtaceae species resistance to rust caused by *Puccinia psidii*. **Australian Plant Pathology**, n. 39, p. 406-411, 2010.