



INFLUÊNCIA DA TEMPERATURA E PROCEDÊNCIA SOBRE A GERMINAÇÃO DE UREDINIÓSPOROS DE *Puccinia psidii*

CELSO GARCIA AUER¹, GABRIELA SCHEINPFLUG BRITO², ÁLVARO FIGUEREDO
DOS SANTOS³, MARCOS SILVEIRA WREGE⁴

¹ Pesquisador, Embrapa Florestas, Colombo-PR, auer@cnpf.embrapa.br

² Mestranda, Curso de Pós-graduação em Engenharia Florestal, Curitiba-PR, gabisb@gmail.com

³ Pesquisador, Embrapa Florestas, Colombo-PR, alvaro@cnpf.embrapa.br

⁴ Pesquisador, Embrapa Florestas, Colombo-PR, wrege@cnpf.embrapa.br

RESUMO: A cultura florestal do eucalipto é a principal no Brasil. Contudo, algumas doenças podem reduzir a produtividade das florestas, destacando-se a ferrugem causada por *Puccinia psidii*. Uma das possibilidades de controle é o zoneamento climático, o qual utiliza de várias informações epidemiológicas referentes ao efeito de fatores climáticos sobre a germinação dos esporos e do desenvolvimento da doença. Este trabalho analisou o efeito da temperatura, procedência (local de coleta do fungo) e planta hospedeira sobre a germinação de urediniósporos de *P. psidii*. Não houve relação direta entre a temperatura máxima de germinação de urediniósporos e a temperatura média anual da procedência. A germinação aumentou com aumento da temperatura até um ponto máximo, a partir do qual houve decréscimo, contudo a temperatura para máxima germinação variou de acordo com a procedência e planta hospedeira. O aumento da temperatura média anual, prevista para os cenários climáticos futuros, poderá afetar negativamente a germinação dos urediniósporos de *P. psidii* e influenciar a epidemiologia da ferrugem.

PALAVRAS-CHAVE: eucalipto, ferrugem, mudanças climáticas.

INTRODUÇÃO

Atualmente, o eucalipto é a essência florestal mais plantada no Brasil. Sua madeira tem sido destinada, principalmente, ao abastecimento das indústrias de celulose, de chapas, construção civil e carvão vegetal para siderurgia, o que tem ampliado significativamente a demanda no mercado interno (SILVA, 2001). A área estimada das plantações com eucaliptos no Brasil é de 4,87 milhões de ha, e a celulose de eucalipto é o produto de base florestal que representa participação mais expressiva no mercado mundial com 5,2 % dos negócios internacionais (ABRAF, 2012).

Os povoamentos florestais, como qualquer cultura, estão sujeitos a uma série de fatores bióticos que, direta ou indiretamente, podem comprometer o desenvolvimento das plantas (FERREIRA, 1989). Algumas doenças florestais constatadas nos últimos dez anos têm incidido de forma mais grave sobre a cultura do eucalipto, destacando-se a ferrugem das mirtáceas (ALFENAS; FERREIRA, 2008).

No Brasil, a ferrugem das mirtáceas constitui um sério problema para um grande número de mirtáceas de valor econômico, como por exemplo, a goiabeira e o eucalipto (PIZA; RIBEIRO, 1988; FURTADO, 2006). Essa ferrugem é causada pelo fungo *Puccinia psidii* Winter. Nas Américas, a doença ocorre desde o Sul dos Estados Unidos até a Argentina (MARLATT; KIMBROUGH, 1979).

A ferrugem incide em plantas jovens, tanto no viveiro como no campo. Temperaturas na faixa de 18 a 25 °C (ótimo = 23 °C), períodos prolongados de molhamento foliar (orvalho noturno ou garoa por períodos superiores a 6 h por 5-7 dias consecutivos) e a existência de órgãos juvenis (folhas jovens e terminais de crescimento) são favoráveis à infecção (RUIZ et al., 1989). Órgãos maduros, ausência de molhamento e temperatura acima de 30 °C e abaixo de 10 °C desfavorecem a infecção. A penetração de urediniósporos é geralmente direta, através da cutícula e epiderme, mediante a formação

de apressório. A colonização do fungo é intercelular, com a formação de haustórios intracelulares. (ALFENAS et al., 2009).

O estabelecimento da relação entre as condições climáticas presentes nas áreas de culturas e a ocorrência de doenças é importante ferramenta decisória para os programas de controle de doenças (VALE et al., 2004). O zoneamento climático pode reunir informações de condições favoráveis à ferrugem e indicar as áreas de risco, classificando-as em baixo, médio ou alto (MASSON et al., 2007). Tal como o mapeamento geográfico, o zoneamento de áreas de risco facilita a indicação de espécies ou clones de eucalipto em função de seu grau de suscetibilidade à ferrugem. Outra possibilidade acerca do conhecimento climático e sua relação com a ferrugem do eucalipto é o efeito de mudanças climáticas mundiais sobre as doenças (VALE et al., 2004; GHINI; HAMADA, 2008) e, especialmente na região Sul do Brasil, poderia ajudar a explicar a ocorrência desta enfermidade de uma forma severa e constante em algumas localidades.

Com base em estudos de Furtado et al. (2008) e de Alfenas et al. (2011) verifica-se que a temperatura seria a principal variável climática para a ferrugem das mirtáceas. Estudos sobre o efeito da temperatura sobre a germinação de urediniósporos de *P. psidii* mostraram que a faixa ótima de temperatura encontra-se entre 15 e 25 °C (PIZA; RIBEIRO, 1988; RUIZ et al., 1989; CASTRO, 1988; CRUZ et al., 2009). As variações encontradas podem ser reflexo da existência de diferentes ecótipos do fungo.

Contudo, não existem informações sobre como a fonte de inóculo (procedência, hospedeiro) e a temperatura possam influenciar a germinação de urediniósporos de *P. psidii*, principal propágulo de disseminação da ferrugem. O objetivo deste trabalho foi analisar o efeito conjunto da temperatura, procedência e planta hospedeira sobre a germinação de urediniósporos de *P. psidii*.

MATERIAL E MÉTODOS

Os urediniósporos usados neste ensaio foram coletados de plantas com *P. psidii* de quatro diferentes localidades: Curitiba e Campina Grande do Sul (região de planalto do estado do Paraná), e Barra Velha e Florianópolis, (região litorânea do estado de Santa Catarina), de acordo com a Tabela 1. Foram coletadas folhas jovens e brotações de plantas infectadas, que apresentavam uredínias de coloração amarela do fungo. Os órgãos doentes foram colocados em sacos plásticos e mantidos em caixas de isopor durante o transporte para manter a viabilidade dos esporos.

Uma suspensão de urediniósporos de *P. psidii* foi preparada retirando-se os esporos, com um pincel pequeno de cerdas macias, para dentro de um copo de Becker, o qual continha uma solução de 10 mL de água ultrapurificada esterilizada. Para auxiliar a dispersão de esporos, colocou-se uma gota de Tween 20 %. Em seguida, fez-se a padronização das suspensões como auxílio de uma câmara de Neubauer, padronizando-se em pelo menos 10^4 urediniósporos/mL.

Com os urediniósporos de cada uma destas procedências, fez-se a avaliação da germinação em placas de Petri contendo meio ágar-água 2 % (ágar comercial, 20 g; água ultrapurificada, 1000 mL), usando-se como base a metodologia descrita por Ferreira (1983).

Na germinação, colocou-se 100 µL da suspensão de urediniósporos de *P. psidii* por placa de meio ágar-água, sendo espalhada com auxílio de uma alça de Drigalski. As placas foram fechadas com filme de polietileno comercial e incubadas durante 24 horas em câmaras BOD, nas temperaturas de 8, 12, 16, 20, 24 e 28 °C. Após este período, a percentagem de germinação foi determinada pela observação de vários campos, sob microscópio ótico em aumentos de 100 a 450 X, considerando um mínimo de 100 esporos. Considerou-se germinado o esporo que apresentasse tubo germinativo com um comprimento maior que o seu diâmetro.

O delineamento experimental do ensaio de germinação foi inteiramente casualizado, com quatro procedências de esporos, seis temperaturas e três placas por temperatura.

Para avaliar um possível efeito das temperaturas da procedência dos esporos, fez-se um levantamento das médias de temperaturas anuais, obtidas segundo o Atlas Climático da região Sul do Brasil (WREGGE et al., 2011). As temperaturas foram determinadas por meio de medições de postos meteorológicos e, na ausência de dados, fez-se uma estimativa usando-se a equação $Y = A + B \times \text{latitude} + C \times \text{longitude} + D \times \text{altitude}$, onde A, B, C e D são os coeficientes de regressão, e os

dados de latitude e longitude estão em decimais e a altitude em metros, usando-se uma equação para cada média (WREGE et al., 2011).

RESULTADOS E DISCUSSÃO

De acordo com os resultados, verificou-se um percentual de germinação baixo ou nulo nas temperaturas de 8 e 28 °C (Tabela 2). Por outro lado, os maiores valores de germinação ocorreram na faixa entre 12 e 20 °C, faixa que se aproxima das médias de temperaturas anuais das procedências (Tabela 1).

TABELA 1. Procedência dos urediniósporos de *Puccinia psidii*, plantas hospedeiras e respectivas médias de temperaturas anuais.

Procedência dos esporos	Planta hospedeira	Temperatura (°C)		
		Mínima	Média	Máxima
Curitiba/PR	Jambo (<i>Syzygium jambos</i>)	13,4	17,4	23,4
Campina Grande do Sul/PR*	Eucalipto (<i>Eucalyptus grandis</i>)	13,2	17,9	23,9
Florianópolis/SC	Goiaba (<i>Psidium guajava</i>)	17,6	20,5	24,3
Barra Velha/SC*	Goiaba (<i>Psidium guajava</i>)	16,6	20,5	26,2

Fonte: Wrege et al. (2011). * dados estimados.

Os esporos oriundos de Florianópolis (goiaba), Curitiba (jambo) e Barra Velha (goiaba e eucalipto) apresentaram os maiores valores médios de germinação e os esporos coletados em Campina Grande do Sul (eucalipto) os menores valores (Tabela 2). Estes dados podem estar indicando que houve efeito da idade dos urediniósporos de *P. psidii* na germinação ou que, dependendo do hospedeiro de onde foram coletados, pode haver diferenças fisiológicas que resultam em comportamento diferencial frente à temperatura na qual são colocados para germinar (APARECIDO, 2001). Alguns hospedeiros apresentam substâncias presentes na cera epicuticular, como é o caso do jambo (TESSMANN; DIANESE, 2002), que estimulam a germinação e provavelmente levam a uma maior infecção das folhas, tendo como consequência uma maior produção de soros e urediniósporos. No caso de frutos de goiabeira, SENA (2008) verificou que a cultivar suscetível à ferrugem apresenta menor teor de substâncias inibidoras (ceras epicuticulares) à germinação de urediniósporos de *P. psidii*, contudo não estudou a existência destas substâncias em folhas e brotações.

TABELA 2. Germinação (%) de urediniósporos de *Puccinia psidii* sob diferentes temperaturas e procedências.

Temperatura (° C)	Procedência dos urediniósporos			
	Região litorânea		Região de planalto	
	Barra Velha	Florianópolis	Curitiba	Campina Grande do Sul
8	0,33	2,55	0,33	0,00
12	42,13	71,22	79,16	29,98
16	49,01	73,06	76,27	32,05
20	48,72	81,76	55,44	40,90
24	12,44	66,06	12,29	25,24
28	5,52	8,12	0,00	1,31
Médias	26,36	50,46	37,25	21,58

Analisando as curvas de resposta da germinação dos esporos em relação à temperatura, foi observado que o aumento da germinação acompanha o aumento da temperatura até um ponto máximo, declinando em seguida (Figura 1), efeito normalmente verificado com a maioria dos fungos

(HAWKER, 1967). Contudo, existem diferenças nos comportamentos das curvas em função da procedência/hospedeiro em que foram coletados os urediniósporos.

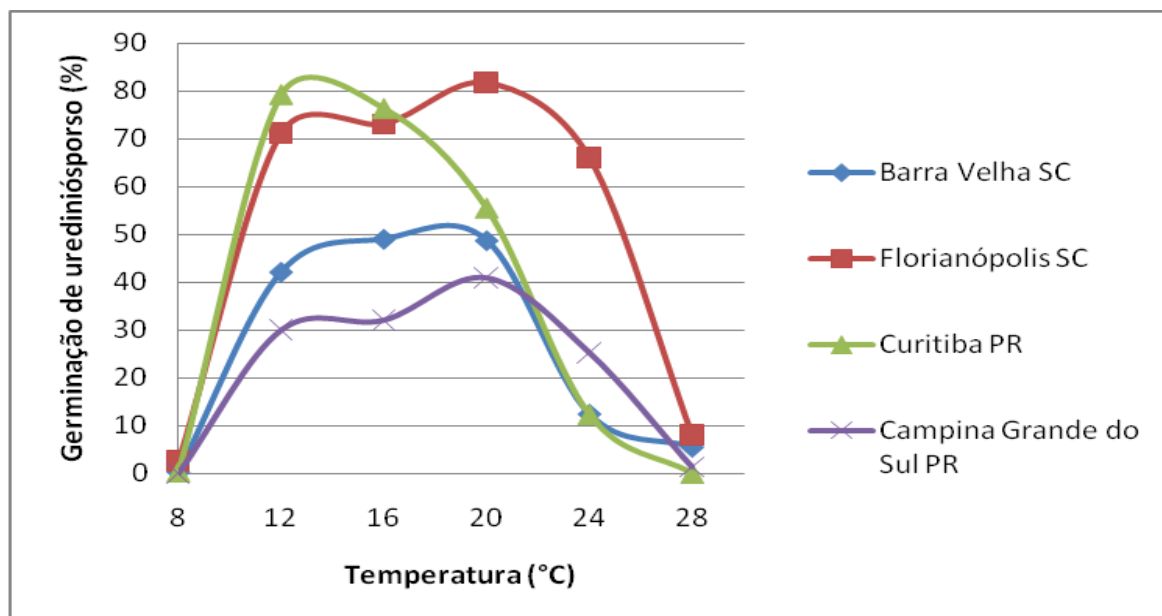


FIGURA 1. Curvas de resposta da germinação de urediniósporos de *Puccinia psidii* sob diferentes temperaturas e procedências.

Quando se estimou as temperaturas para germinação máxima dos esporos, verificou-se uma pequena modificação na sequência das procedências em ordem decrescente: Florianópolis, Campina Grande do Sul, Barra Velha e Curitiba (Tabela 3). Não houve um padrão de relação direta entre temperatura anual média e a temperatura para máxima germinação (Tabelas 1 e 3).

TABELA 3. Regressão polinomial das curvas de dispersão dos dados de germinação de esporos e temperatura.

Procedência dos esporos	Equação	R ²	Temperatura para germinação máxima (°C)
Curitiba/PR	$y = 0,0795x^3 - 4,9832x^2 + 94,066x - 473,11$	0,99	14,4
Campina Grande do Sul/PR*	$y = 0,0006x^3 - 0,4138x^2 + 14,246x - 86,698$	0,956	17,9
Florianópolis/SC	$y = 0,0042x^3 - 1,0127x^2 + 32,166x - 188,38$	0,943	17,9
Barra Velha/SC*	$y = 0,034x^3 - 2,3x^2 + 446,563x - 243,12$	0,945	15,3

Atentando-se para as relações das condições de temperatura dos locais de coleta (Tabela 1) e a temperatura de germinação de urediniósporos (Tabela 2), pode-se levantar a hipótese de que com o aumento da temperatura preconizado nos cenários futuros de clima global (GHINI; HAMADA, 2008) alguns ecótipos de *P. psidii* apresentarão menor germinação. Outra hipótese é que localidades com temperaturas médias mais baixas poderão apresentar maior quantidade de doença conforme o aumento da temperatura média, aproximando-se da temperatura ótima de germinação, conquanto a umidade relativa do ar continue constante.

Considerando o fluxo gênico das populações de *P. psidii*, a disseminação dos urediniósporos pelo ar a longas distâncias permitirá levar os ecótipos mais adaptados, resultando na continuidade da ocorrência da ferrugem mesmo que ocorra a alteração climática.

Seria interessante a continuidade deste estudo, fazendo-se uma maior amostragem de ecótipos de *P. psidii*, para verificar se há um padrão de resposta da germinação em função das condições climáticas de origem.

CONCLUSÕES

Não houve um padrão de relação direta com a temperatura anual média e a temperatura máxima para a germinação dos urediniósporos de *Puccinia psidii*. A temperatura para máxima germinação de urediniósporos variou em função da procedência/hospedeiro.

AGRADECIMENTOS

À CAPES pelo fornecimento de bolsa de mestrado do segundo autor.

REFERÊNCIAS

- APARECIDO, C. C. **Estudos ecológicos sobre *Puccinia psidii* Winter – ferrugem das mirtáceas**. f. 2001. Dissertação. (Mestrado em Agronomia) – Universidade Estadual Paulista “Júlio de Mesquita Filho”, Faculdade de Ciências Agrônômicas, Botucatu.
- AUER, C. G.; SANTOS, A. F. dos; BORA, K. C. **A ferrugem do eucalipto na região Sul do Brasil**. Colombo: Embrapa Florestas, 2010, 5p. (Embrapa Florestas, Comunicado Técnico, 252).
- ALFENAS, A. C.; FERREIRA, E. M. Emerging diseases in *Eucalyptus* plantations. **Tropical Plant Pathology**, Lavras, v.33, suplemento, p.25-28, 2008.
- ALFENAS, A. C.; ZAUZA, E. A. V.; MAFIA, R. G.; ASSIS, T. F. de. **Clonagem e doenças do eucalipto**. Viçosa: UFV. 2a. ed. 2009. 500 p.
- FERREIRA, F. A. Ferrugem do eucalipto, **Revista Árvore**, Viçosa, v.7, n.2, p, 104, 1983.
- FERREIRA, F. A. **Patologia Florestal; principais doenças florestais no Brasil**. Viçosa: SIF, 1989. 570p.
- FURTADO, E. L. Ecologia de *Puccinia psidii* e impacto na produção de eucalipto no Brasil. **Fitopatologia Brasileira**, v. 31, Supl., p. 49-52. 2006.
- GHINI, R.; HAMADA, E. **Mudanças climáticas: impactos sobre doenças de plantas no Brasil**. Brasília: Embrapa Informação Tecnológica, 331p. 2008.
- HAWKER, L. E. **Physiology of fungi**. London, University of London Press, 1967. 360 p.
- JESUS JUNIOR, W. C.; BERGAMIN FILHO, A.; VALE F. X. R.; AMORIM, L. Tomada de decisão no manejo de doenças de plantas. In: VALE F. X. R.; JESUS JUNIOR, W. C.; ZAMBOLIM, L. **Epidemiologia aplicada ao manejo de plantas**. Belo Horizonte: Editora Perfil, 2004. cap. 10, p. 367-404.
- CRUZ, K. R. O.; SANTOS, A. F. dos.; AUER, C. G. Efeito de diferentes temperaturas na germinação de urediniósporos de *Puccinia psidii*. In: EVENTO DE INICIAÇÃO CIENTÍFICA DA EMBRAPA FLORESTAS, 8., 2009, Colombo. **Anais**. Colombo: Embrapa Florestas, 2009. 1 CD-ROM. (Embrapa Florestas. Documentos, 186). EVINCI. Resumo.
- 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. **Manual de fitopatologia; doenças das plantas cultivadas**. São Paulo: Agrônômica Ceres, 4. ed, v. 2, p. 319-332, 2005.

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

MASSON, M. V.; OHTO, C. T.; FURTADO, E. L.; SILVA, S. A. Zoneamento climático do eucalipto no Estado de São Paulo visando o controle da ferrugem. **Summa Phytopathologica**, Botucatu, v. 33, suplemento, p. 67, 2007.

PIZA, S. M.; RIBEIRO, I. J. A. Influência da luz e da temperatura na germinação de uredosporos de *Puccinia psidii*. **Bragantia**, v. 47, p. 75-78. 1988.

RUIZ, R. A. R., ALFENAS, A. C., FERREIRA, F. A.; VALE, F. X. R. Influência da temperatura, do tempo de molhamento foliar, do fotoperíodo e da intensidade de luz sobre a infecção de *Puccinia psidii* em eucalipto. **Fitopatologia Brasileira**, Brasília, v.14, n. 6, p. 55-61, 1989.

SENA, K. **Efeito de extratos epicuticulares de duas cultivares de goiabeira (*Psidium guajava*) sobre a germinação de urediniósporos de *Puccinia psidii*.** 59 f. 2008. Dissertação. (Mestrado em Genética e Melhoramento de Plantas) - Universidade Estadual do Norte Fluminense Darcy Ribeiro, Campos de Goytacazes.

SILVA, J. C. A madeira do futuro. **Revista da madeira, edição especial – Eucalipto a madeira do futuro**, Curitiba, p. 04, setembro. 2001.

TESSMANN, D. J.; DIANESE, J. C. Hentriacontane: a leaf hydrocarbon from *Syzygium jambos* with stimulatory effects on the germination of urediniospores of *Puccinia psidii*. **Fitopatologia Brasileira**, Brasília, v.27, n.5, p.538-542. 2002.

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

WREGE, M. S.; STEINMETZ, S.; REISSER JUNIOR, C.; ALMEIDA, I. R. de. (Ed.). **Atlas climático da Região Sul do Brasil**: Estados do Paraná, Santa Catarina e Rio Grande do Sul. Pelotas: Embrapa Clima Temperado; Colombo: Embrapa Florestas, 2011. 333 p.