

## **ZONEAMENTO CLIMÁTICO DA MANCHA FOLIAR CAUSADA POR *Cylindrocladium candelabrum* EM PLANTIOS JOVENS DE *Eucalyptus benthamii* NOS ESTADOS DO SUL DO BRASIL**

Bruno Schultz<sup>1</sup>, Gabriel Pereira<sup>2</sup>, Guilherme Augusto Verola Mataveli<sup>3</sup>, Gabriel Bertani<sup>4</sup>, Carlos Antônio da Silva Junior<sup>5</sup>, Celso Garcia Auer<sup>6</sup>

<sup>1</sup>Engº Florestal, doutorando em Sensoriamento Remoto, INPE, São José dos Campos-SP, schultz@dsr.inpe.br

<sup>2</sup>Geógrafo, doutorando em Sensoriamento Remoto, INPE, São José dos Campos-SP, gabriel@dsr.inpe.br

<sup>3</sup>Geógrafo, mestrando em Sensoriamento Remoto, INPE, São José dos Campos-SP, mataveli@dsr.inpe.br

<sup>4</sup>Engº Florestal, mestrando em Sensoriamento Remoto, INPE, São José dos Campos-SP, gabrielb@dsr.inpe.br

<sup>5</sup>Engº Agrônomo, mestrando em Sensoriamento Remoto, INPE, São José dos Campos-SP, carlosjr@dsr.inpe.br

<sup>6</sup>Engº Florestal, Pesquisador, Embrapa Florestas, Colombo-PR, auer@cnpf.embrapa.br

**RESUMO:** *Eucalyptus benthamii* é uma das espécies florestais plantadas na região Sul do Brasil devido à sua resistência à geada. Uma das doenças importantes de campo é a mancha foliar causada por *Cylindrocladium candelabrum*. Plantios florestais jovens de *E. benthamii* localizados em Rio Negrinho – SC, sofreram alta desfolha no período que compreendeu os meses do verão. Este período quente e úmido favoreceu a incidência e severidade da mancha sobre árvores recém transplantadas ao campo e árvores com os ramos muito próximos ao solo. O objetivo deste trabalho foi avaliar qual a melhor época de plantio de *E. benthamii* para diminuição da infecção de *C. candelabrum* sobre as árvores jovens. Foram utilizados dados de precipitação do TRMM de 2001 a 2010 e foi utilizado o modelo RegCM4 para obtenção das grades de temperatura e umidade. Os dados foram cruzados no programa SPRING 5.2, e geraram mapas de risco de mancha de *C. candelabrum* no verão, primavera, outono e inverno. Os resultados mostram que em grande parte dos municípios do Paraná, a incidência da mancha pode diminuir, se o plantio de mudas de *E. benthamii* for realizada no início do outono. Acho que deve retirar, ver comentário da conclusão. A geotecnologia mostrou que a mancha de *C. candelabrum* pode ser controlada de acordo com fatores ambientais relacionados a sua severidade e incidência.

**PALAVRAS-CHAVE:** geotecnologias, doença foliar, severidade.

**INTRODUÇÃO:** A atividade silvicultural do *Eucalyptus benthamii* vem se tornando promissora como fonte de renda para pequenos agricultores e empresas do ramo florestal situadas no Sul do Brasil. Depois de 23 anos de introdução, a espécie se tornou uma das mais plantadas no estado do Paraná, sendo formada a partir da espécie (SCHULTZ, 2012).

A mancha foliar causada por *Cylindrocladium candelabrum* foi relatada como a principal doença que pode restringir a silvicultura do *E. benthamii* no Sul do Brasil (SCHULTZ, 2012). *C. candelabrum* é um fungo de solo que se dissemina sobre as folhas do hospedeiro, por meio das gotas de chuva (FERREIRA, 1989; AUER e KRUGNER, 2005; ALFENAS et al., 2009). A fina película de água que permanece em repouso sobre a superfície do limbo foliar em períodos chuvosos e úmidos, é um ambiente favorável para o desenvolvimento da doença (ALFENAS et al., 2009).

A doença tem início na primavera com maior intensidade de severidade e incidência em períodos de verão quentes e chuvosos (KRUGNER et al. 1991; SCHULTZ, 2012). Uma das estratégias para controle da doença é o controle químico que criam problemas toxicológicos e de periculosidade ambiental. Outra estratégia é o uso do mapeamento climático da doença com o objetivo de identificar as áreas de risco para sua atividade silvicultural (ALFENAS et al., 2009). Estudos sobre o mapeamento climático mencionam a importância de identificar áreas de alto risco de ocorrência para várias doenças, principalmente no que se diz respeito à introdução de doenças quarentenárias e ao plantio de hospedeiros suscetíveis e moderadamente suscetíveis (BOOTH ET AL., 2000a, BOOTH et al., 2000b, PAUL et al., 2005, STADEN et al., 2004).

No caso de doenças de plantas, os mapas de zonas de risco, acoplados aos modelos de simulação climatológica, podem ser úteis para indicar áreas geográficas ou, até mesmo, épocas

do ano mais favoráveis à ocorrência de epidemias (LOPES et al., 2008). O objetivo deste trabalho foi desenvolver uma estratégia de controle da mancha foliar de *Cylindrocladium* para plantios jovens de *E. benthamii*, montada via geotecnologia, para a evasão das árvores jovens dos períodos mais propícios para a infecção e colonização por *C. candelabrum*.

**MATERIAL E MÉTODOS:** As etapas descritas a seguir foram realizadas no Sistema de Informações Georreferenciadas (SPRING) (Câmara et. al., 1996), desenvolvido pelo Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais (INPE).

Os dados de precipitação utilizados para obter as médias são do projeto *Tropical Rainfall Measuring Mission* (TRMM). O projeto TRMM é uma parceria entre a Agência Espacial Norte Americana (NASA) e a Agência Japonesa de Exploração Aeroespacial (JAXA) com a finalidade de obter dados para estudos relacionados com a precipitação na Região Tropical (COLLISCHONN et al., 2007). Os dados do TRMM utilizados foram extraídos do produto 3B43 V6, realizando a medida quadrimestral dos anos de 2001 a 2010, obtendo um produto de resolução temporal quadrimestral com resolução espacial de  $0,25^\circ \times 0,25^\circ$ .

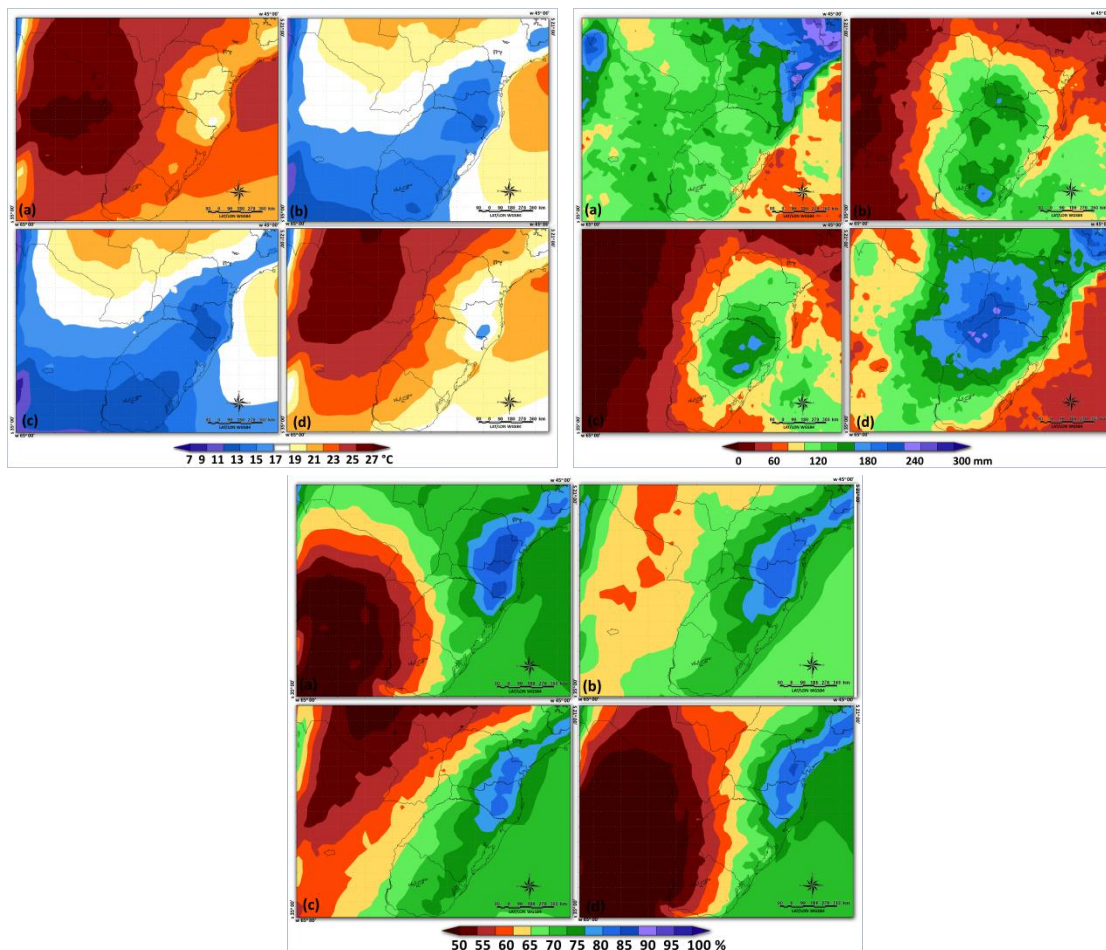
Para o cálculo da média quadrimestral de temperatura e de umidade foi utilizado o modelo climático regional RegCM4, um modelo numérico utilizado na simulação de fenômenos meteorológicos (ALMAZROUI, 2010). Os dados obtidos a partir da aplicação do modelo para a temperatura e a umidade possuem resolução espacial de  $0,25^\circ \times 0,25^\circ$ , sendo que o plano de informação gerado foi um modelo digital médio dos anos de 2001 a 2010.

Antes do cruzamento dos planos de informação (temperatura, precipitação e umidade relativa), foi aplicada a técnica de processo analítico hierárquico (AHP) a fim de definir o peso de cada variável no produto final. Como resultado final da aplicação da AHP, a temperatura obteve um peso 0,474, a precipitação 0,474 e a umidade 0,053. Desta forma, a álgebra dos mapas deu origem aos mapas de risco da doença nos períodos dos anos que compreendem a primavera, verão, outono e inverno.

**RESULTADOS E DISCUSSÃO:** Os dados do TRMM deram origem a fig. 1.1. (a), (b), (c) e (d). Observa-se que no verão, as temperaturas médias foram superiores a  $19^\circ\text{C}$ . Booth et al. (2000a) comentou que para o *Cylindrocladium quinquesepatum*, temperaturas superiores a  $16^\circ\text{C}$  e pluviosidade anual de 1600 mm são fatores climáticos que favorecem a infecção do fungo em regiões da Ásia, África e América Latina. Desta forma a temperatura de  $19^\circ\text{C}$  é favorável a infecção do fungo sobre as árvores plantadas no três Estados do Sul. No outono (fig. 1.b) e inverno (fig. 1.c) apenas o Nordeste do Estado do Paraná seria propício para a infecção se a temperatura fosse o único fator favorável.

Na fig. 1.2. (b), (c), (d) e (e), mostram a concentração da umidade em torno de 120 mm mensais em grande parte da área dos estados do sul. A intensificação da precipitação ocorre na primavera com manchas de umidade superiores a 300 mm. Para Krugner et al. (1991), o surto epidemiológico da mancha e desfolha causada por espécies de *Cylindrocladium* sp. em diferentes espécies e procedências de *Eucalyptus* sp. localizados em Tucuruí – PA, deveu-se à elevada precipitação e à altura das árvores. Precipitação superior a 180 mm mensais concentradas em poucos dias favorece a infecção de *C. candelabrum* sobre *E. benthamii* (Schultz, 2012).

Árvores jovens de *E. benthamii* em Rio Negrinho – SC com até 18 meses de idade, sofreram desfolha que se intensificou da primavera para o verão, comprometendo mais de 48 % da copa das árvores no fim do ciclo de 18 meses (SCHULTZ, 2012). Neste período, ocorreu incremento da pluviosidade local, a temperatura média foi de  $18^\circ\text{C}$  e a umidade relativa foi superior a 78 %. Estes fenômenos climatológicos associados às práticas silviculturais inadequadas favoreceram a infecção da doença sobre o talhão florestal. Grande parte dos Estados do Sul do Brasil possui umidade relativa superior a 70 % em todas as estações do ano, apenas na primavera, mais ao Leste dos três Estados a U.R. fica a baixo de 70 % (fig. 1.3 (a), (b), (c) e (d).

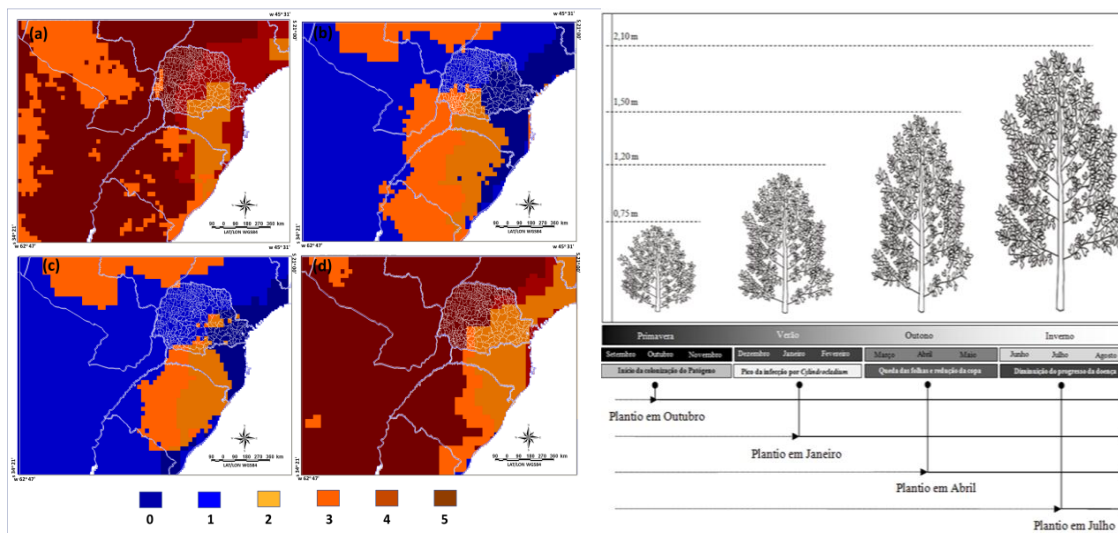


**Figura 1** – (1) Temperaturas médias dos anos de 2001 a 2010 para os estados do Sul do Brasil obtidas pelo modelo RegCM4. a) Verão, b) Outono, c) Inverno e d) Primavera. (2) Precipitação média dos anos de 2001 a 2010 para os Estados do Sul do Brasil dada pelo produto 3B43 V6 obtida pelo sensor TMI (Microwave Imager) do satélite Tropical Rainfall Measuring Mission (TRMM) com resolução de grade de 0,25° x 0,25°. a) Primavera, b) Verão, c) Outono e d) Inverno. (3) Umidade relativa média dos anos de 2001 a 2010 para os estados do Sul do Brasil obtida pelo modelo RegCM4. a) Primavera, b) Verão, c) Outono e d) Inverno.

O cruzamento dos planos de informação em grade da temperatura, umidade relativa e precipitação deram origem a fig. 2. (a), (b), (c) e (d). A técnica AHP deu mesmo peso para a temperatura e precipitação e menor para a umidade relativa. Este menor peso foi resultante pela maior ponderação inicial dada à temperatura e precipitação, sendo que a umidade relativa dentro do plantio florestal depende muito do efeito da precipitação (BLACKSHAW e BLACKSHAW, 1994). Posteriormente à obtenção da AHP, montou-se uma escala de risco em cinco níveis: 0 – sem risco, 1 – muito baixo risco, 2 – baixo risco, 3 – médio risco e 4 – alto risco e 5 – muito alto risco.

Na fig. 2.1 (a) e 2.1 (d), o risco é médio, para todos os estados do Sul, isto é, a umidade está influenciando mais que a temperatura e precipitação para infecção do fungo. Já para as fig. 2.1 (b) e 2.1 (c) as áreas de risco variam de dois a três em muitos municípios de Santa Catarina e Rio Grande do Sul. O Paraná obteve baixo ou nenhum risco a doença no outono e inverno, em quase todos os municípios (fig. 2.1 (b) e (c)). Este estado possui mais de 10.000 ha plantados com *E. benthamii*, e este valor vem aumentando com a substituição do gênero *Pinus* por *E. benthamii* (SCHULTZ, 2010). No Paraná, os plantios espaçamento mais adensados podem ser realizados no outono, pois a doença é menos favorecida pelos fatores climáticos presentes (fig. 2.2). Além dos fatores climáticos, após seis meses de plantio, a árvore estará com os ramos inferiores da copa mais afastados do solo. Este afastamento faz com que se diminua a chance

dos microescleródios do fungo, presentes no solo, de atingirem as folhas por meio dos respingos de chuva.



**Figura 2** – 1) Mapas de risco da mancha de *C. candelabrum* sobre árvores jovens de *E. benthamii*, para as quatro épocas do ano (a) verão, b) outono, c) inverno e d) primavera). Estratégia silvicultural para plantio de *E. benthamii* de acordo com a altura da árvore e a proximidade dos ramos ao solo.

Em outros municípios dos três estados, o risco da mancha de *C. candelabrum* ocorrer sobre árvores jovens de *E. benthamii* varia de muito alto a alto no verão e primavera. Uma das soluções para estas áreas é o plantio de mudas com maior espaçamento entre si. O adensamento do plantio favorece a maior proximidade das árvores e maior quantidade de sombra, combinando proteção de a luz solar e resfriamento pela umidade que evapora das folhas (BLACKSHAW; BLACKSHAW, 1994), criando um microclima favorável para o desenvolvimento de doenças. Nestas áreas, outra solução para se diminuir a infecção de *C. candelabrum* é a poda dos ramos mais baixos antes de períodos chuvosos da primavera e verão. O fungo se dissemina por meio das gotas de água e assim o afastamento dos galhos pode diminuir o contato do fungo com o hospedeiro.

### CONCLUSÕES:

- Em grande parte do estado do Paraná, o plantio de *E. benthamii* no outono pode ser viável por ser desfavorável à infecção por *C. candelabrum* em árvores jovens.
- A geotecnologia associada a práticas silviculturais pode ajudar a controlar a mancha de *C. candelabrum* sobre árvores jovens de *E. benthamii*.

### REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ALFENAS, A. C. et al. **Clonagem e doenças do eucalipto**. 2 Edição. Viçosa, MG. Editora UFV. 2009. 500 p.
- AUER, C. G.; KRUGNER, T. L. 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.
- ALMAZROUI, M. Dynamical downscaling of rainfall and temperature over the Arabian Peninsula using RegCM4. **Climate Research**, v. 52, n. 1. p. 49-62. 2012.
- BLACKSHAW, J. K.; BLACKSHAW, A. W. Heat stress in cattle and the effect of shade on production and behaviour: a review. **Australian Journal of Experimental Agriculture**, Melbourne, v. 34, p. 285-295, 1994.

- BOOTH, T.H., JOVANOVIĆ, T., OLD, K.M., DUDZUNSKI, M.J. Climatic mapping to identify high risk areas for *Cylindrocladium quinqueseptatum* leaf blight on eucalyptus in mainland South East Asia and around the world. **Environment Pollution**, v. 108, p. 365–372, 2000a.
- BOOTH, T.H., OLD, K.M., JOVANOVIĆ, T. A preliminary assessment of high risk areas for *Puccinia psidii* (Eucalyptus rust) in the Neotropics and Australia. *Agriculture, Ecosystems and Environment*, v. 82, p. 295-301, 2000b.
- CÂMARA, G.; SOUZA, R. C. M.; FREITAS, U. M.; GARRIDO, J. SPRING: Integrating Remote Sensing and GIS by Object-Oriented Data Modelling. **Computer & Graphics**, v. 20, n. 3, p. 395-403. 1996.
- COLLISCHONN, B.; ALLASIA, D.; COLLISCHONN, W. ; TUCCI, C. E. M. Desempenho do satélite TRMM na estimativa de precipitação sobre a Bacia do Paraguai Superior. **Revista Brasileira de Cartografia**, v. 59, n. 1, p. 93-99. 2011.
- FERREIRA, F. A. **Patologia florestal: principais doenças florestais no Brasil**. Viçosa: SIF, 1989. 570p.
- HARMON, J.E.; ANDERSON, S.J. **The design and implementation of geographic information systems**. New Jersey: John Wiley & Sons, 2003. 264 p.
- KRUGNER, T. L.; GUERRINI, I. A.; AUER, C. G. Surto epidêmico da mancha foliar causada por *Cylindrocladium* spp e sua relação com o crescimento de espécies/procedências de *Eucalyptus* na região de Tucuruí, PA. **IPEF**, Piracicaba, n.43/44, p.74-78, 1991.
- LOPES, M.V., BARRETO, M., SCALOPPI, E.A.G., BARBOSA, J.C., BRUNINI, O. Mapas de zonas de risco de epidemias e zoneamento agroclimático para o Cancro Cítrico no Estado de São Paulo. **Summa phytopathologica**, v. 34, p. 349-353, 2008.
- PAUL, I., JAARVELD, A.S.V., KORSTENC, L., HATTINGH, V. The potential global geographical distribution of Citrus Black Spot caused by *Guignardia citricarpa* (Kiely): likelihood of disease establishment in the European Union. **Crop Protection**, v. 24, p. 297–308, 2005.
- SCHULTZ, B. **Doenças bióticas e abióticas em *Eucalyptus benthamii* Maiden**. 2011. 101 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Florestal), Universidade Federal do Paraná, Curitiba, 2012.
- STADEN, V.V., ERASMUS, B.F.N., ROUX, J., WINGFIELD, M.J., JAARVELD, A.S.V. Modelling the spatial distribution of two important South African plantation forestry pathogens. **Forest Ecology and Management**, v. 187, p. 61–73, 2004.