

ITAINA GONÇALVES ANDRADE

MARCADORES ANATÔMICOS DO LENHO ASSOCIADOS  
À TOLERÂNCIA À SECA DE PONTEIROS EM  
*EUCALYPTUS* (MYRTACEAE)

Dissertação apresentada à Universidade Federal de Viçosa, como parte das exigências do Programa de Pós-Graduação em Botânica, para obtenção do título de *Magister Scientiae*.

VIÇOSA  
MINAS GERAIS – BRASIL  
2013

Ficha catalográfica preparada pela Seção de Catalogação e  
Classificação da Biblioteca Central da UFV

T

A553m  
2013

Andrade, Itaina Gonçalves, 1987-

Marcadores anatômicos do lenho associados à tolerância à  
seca de ponteiros em *Eucalyptus* (Myrtaceae) / Itaina  
Gonçalves Andrade. – Viçosa, MG, 2013.  
viii, 51 f. : il. (algumas color.) ; 29 cm.

Inclui anexo.

Orientador: Edgard Augusto de Toledo Picoli.

Dissertação (mestrado) - Universidade Federal de Viçosa.

Inclui bibliografia.

1. *Eucalyptus*. 2. Madeira - Anatomia. I. Universidade  
Federal de Viçosa. Departamento de Biologia Vegetal.  
Programa de Pós-Graduação em Botânica. II. Título.

CDD 22. ed. 634.973766

ITAINA GONÇALVES ANDRADE

MARCADORES ANATÔMICOS DO LENHO ASSOCIADOS  
À TOLERÂNCIA À SECA DE PONTEIROS EM  
*EUCALYPTUS* (MYRTACEAE)

Dissertação apresentada à Universidade Federal de Viçosa, como parte das exigências do Programa de Pós-Graduação em Botânica, para obtenção do título de *Magister Scientiae*.

Aprovada: 20 de março de 2013

---

Prof<sup>ª</sup>. Rosy Mary dos Santos Isaias

---

Karina Lucas Barbosa Lopes Mattos

---

Prof. Edgard Augusto de Toledo Picoli  
(Orientador)

*À Deus, à minha família, ao Rafael e à todos os meus amigos que estimularam e ajudaram na realização desse trabalho.*

*Dedico*

## AGRADECIMENTOS

Primeiramente, gostaria de agradecer ao puro amor de Deus que me impulsionou em sempre continuar mesmo diante das dificuldades.

Ao meu orientador Prof. Edgard Picoli, pela orientação, paciência, confiança, parceria e conhecimento compartilhado.

À UFV e CAPES pelo oferecimento de estrutura privilegiada e concessão de bolsa.

Às estagiárias do Laboratório de Morfogênese in vitro, em especial a Daniela pelas conversas e incentivo.

Aos professores da pós-graduação, pelo compartilhamento e estímulo em buscar cada vez mais conhecimento.

Aos colegas da pós- graduação em Botânica da UFV pelas palavras de incentivo. Ao Ângelo, pela constante disponibilidade em ajudar.

À minha família, que mesmo longe fisicamente, estava próxima em coração e sentimento. Como sempre apoiando, cuidando e estimulando a perseverar. De modo especial, à Inaê que foi um anjo que no momento mais difícil me pegou pela mão, me levantou e ergueu minha cabeça. Presença imprescindível nesse momento de minha vida.

Ao Rafael, pela amizade, amor, companheirismo, cuidado, incentivo e auxílio.

Aos meus amigos pelo companheirismo e amizade, em especial à Luana, Patrícia, Lays e Ruth pela disponibilidade, amizade e companheirismo de sempre. Aos amigos do Acampamento Maanaim e do MUR pelo apoio, incentivo e interseção que me fortaleceram espiritualmente.

## SUMÁRIO

	PÁGINA
RESUMO.....	v
ABSTRACT .....	vii
INTRODUÇÃO GERAL .....	1
REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	3
CAPÍTULO I. ANATOMIA DO LENHO COMO FERRAMENTA PARA PROSPECÇÃO DE CARACTERÍSTICAS ASSOCIADAS À TOLERÂNCIA À SECA DE PONTEIROS EM <i>EUCALYPTUS</i>	
RESUMO .....	4
ABSTRACT.....	5
INTRODUÇÃO .....	6
MATERIAL E MÉTODOS .....	8
RESULTADOS .....	11
DISCUSSÃO .....	13
CONCLUSÕES .....	18
REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS .....	19
CAPÍTULO II. CARACTERIZAÇÃO ANATÔMICA DOS LENHOS PRECOCE E TARDIO ASSOCIADO À TOLERÂNCIA À SECA DE PONTEIROS EM <i>EUCALYPTUS</i>	
RESUMO .....	33
ABSTRACT.....	34
INTRODUÇÃO .....	35
MATERIAL E MÉTODOS .....	36
RESULTADOS .....	38
DISCUSSÃO .....	38
CONCLUSÕES .....	41
REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	42
ANEXO I .....	48

## RESUMO

ANDRADE, Itaina Gonçalves, M.Sc., Universidade Federal de Viçosa, março de 2013. **Marcadores anatômicos do lenho associados à tolerância à seca de ponteiros em *Eucalyptus* (Myrtaceae).** Orientador: Edgard Augusto de Toledo Picoli. Coorientadores: Marília Contin Ventrella, Wagner Campos Otoni e Adriano Nunes Nesi.

A seca de ponteiros do eucalipto é uma patologia vegetal caracterizada pela seca de ápices de galhos e ramos da haste principal e da incidência de lesões ou minicancros nas inserções dos ramos e folhas. Considerando a disponibilidade e a translocação de água e sais minerais na planta como fatores possivelmente associados à seca de ponteiro em eucalipto, cortes transversais e macerados do lenho e lenhos precoce e tardio de combinações de genótipo e clima foram avaliados visando associar as características de anatomia da madeira com a tolerância a seca de ponteiros. No primeiro capítulo, oito combinações de genótipo ambiente foram avaliadas, onde o diâmetro médio dos vasos no anel tardio, as variáveis  $SQDPCEP \cdot 10^6 / DM^2$ , SQDD e CHSQ permitiram a discriminação dos genótipos tolerante e médio tolerante. Quando avaliadas de acordo com o ambiente, as condições de menor precipitação resultaram em aumento do volume médio dos vasos e do índice de mesomorfia. Os genótipos tolerante e médio tolerante diferiram do suscetível quanto ao número médio de elementos de vaso/ $mm^2$ , diâmetro médio dos elementos de vaso, índice de vulnerabilidade e variáveis de dispersão do diâmetro dos vasos e condutância hidráulica teórica. A análise de dispersão no gráfico de componentes principais permitiu a separação dos genótipos tolerante, médio tolerante e suscetível indicando que esta abordagem é viável para a discriminação de clones divergentes quanto à tolerância à seca de ponteiros em eucalipto. No segundo capítulo, onde foram avaliadas vinte e uma combinações, houve um efeito significativo de genótipo e ambiente, porém nenhuma das variáveis avaliadas permitiu a discriminação dos genótipos tolerante e médio tolerante do suscetível. Considerando a diferença significativa para o comprimento e diâmetro dos elementos de vaso no anel tardio, não se observou um padrão quanto à disponibilidade de água associada à precipitação anual. Ao analisar a distância euclidiana para o comprimento médio dos elementos de vaso no anel precoce entre os ambientes verificou-se que a comparação entre os ambientes com menor precipitação resultou em um agrupamento coerente entre o genótipo tolerante e médio tolerante, isolados do suscetível. A análise de componentes principais também não possibilitou a discriminação dos genótipos divergentes quanto à tolerância à seca de ponteiros. Apesar das diferenças estatísticas entre os genótipos e

ambientes avaliados não permitirem o agrupamento quanto à tolerância a esta patologia, elas evidenciam diferenças entre os genótipos que podem ser interessantes para outros objetivos dentro de um programa de melhoramento.

## ABSTRACT

ANDRADE, Itaina Gonçalves, M.Sc., Universidade Federal de Viçosa, March, 2013.  
**Wood anatomical markers associated with dieback tolerance in *Eucalyptus*.**  
Advisor: Edgard Augusto de Toledo Picoli. Co-advisers: Marília Contin Ventrella,  
Wagner Campos Otoni and Adriano Nunes Nesi.

*Eucalyptus* dieback is a plant pathology characterized by dry of the apices of twigs and branches and the main stem and of the incidence of injuries or mini cancrs in the insertion of branches and leaves. Considering the availability and translocation of water and minerals in the plant as factors possibly associated with the pointer in dry eucalypt, cross sections and macerated of early wood and latewood were assessed for associating the features of wood anatomy with eucalyptus dieback tolerance. In the first chapter, eight environment-genotype combinations were evaluated, where the mean diameter of the vessels in the late ring, variables  $SQDPCEP * 10^6/DM^2$ , SQDD and CHSQ allowed the discrimination of genotypes tolerant and mid-tolerant. When evaluated according to the environmental conditions of in lower precipitation resulted in increase of the average volume of the vessels and mesomorphic index. The tolerant and medium tolerant genotypes differed sensitive as the average number of vessel elements/mm<sup>2</sup>, average diameter of vessel elements, vulnerability index and variable dispersion vessel diameter and hydraulic conductance theoretical. The dispersion analysis of main components in the graph allowed to separate the tolerant, medium tolerant and susceptible genotypes indicating that this approach feasiblebility in discriminating divergent clones to eucalyptus dieback tolerance. In the second chapter, twenty one combinations were evaluated where there was a significant effect of genotype and environment, but none of the evaluated variables allowed the discrimination of tolerant, medium tolerant and susceptible genotypes. Considering the significant difference in the length and diameter of vessel elements in the late ring, a pattern not observed in the availability of water associated with annual rainfall. The analysis of the Euclidean distance to the average length of vessel elements in the ring early between environments, it was found that the comparison between the environments with lesser precipitation resulted in a coherent grouping between and tolerant, medium tolerant genotype, isolates of the susceptible. The principal component analysis also did not allow discrimination of genotypes differing in dieback tolerance. Despite significant differences among genotypes and environment the statistical analysis did not allow

grouping according to dieback tolerance, these highlight differences that may be of interest to other objectives in a breeding program.

## Introdução geral

No Brasil, 236 mi há são ocupados com agricultura, pecuária e florestas plantadas, sendo que deste montante, 0,8% são florestas plantadas (IBGE, 2011). *Eucalyptus* (Myrtaceae) é o gênero florestal mais plantado no Brasil e visa atender a demanda para a produção de celulose. A cultura e manejo do eucalipto é bem estabelecida, porém, a expansão da área de plantio tem favorecido a ocorrência de novos problemas (Maschio et al. 2000).

Uma anomalia no crescimento de árvores de *E. grandis* Hill ex Maiden foi constatada em maio/88 e em junho/92, em plantios localizados no município de Arapoti, PR. O problema foi caracterizado por uma seca de ponteiros, denominada Seca de Ponteiros da Região de Arapoti (SPEA) (Maschio et al., 1996). Posteriormente, a seca de ponteiros foi observada na região do Vale do Rio Doce, em Minas Gerais (Alfenas et al. 2004), então denominada de seca de ponteiros da região do vale do Rio Doce (SPVRD), dado suas características sintomatológicas de secamento dos meristemas apicais caulinares da planta e ao local de sua constatação.

A precipitação pluviométrica é um fator ambiental que pode induzir anomalias no desenvolvimento das plantas que resultam na seca de ponteiros, sendo que o encharcamento do solo pode induzir a morte do sistema radicular em consequência da falta de aeração e acúmulo de etileno no solo (Ferreira 1989). Em seguida, ocorre um desequilíbrio raiz/parte aérea, desencadeando em um quadro sintomatológico de seca de ponteiros. Atualmente, a seca de ponteiros do eucalipto é tratada como um distúrbio fisiológico (Zauza, 2011 - Comunicação pessoal).

Diferentes materiais genéticos comportam-se de forma contrastante em incidência e severidade da doença. A variedade de comportamentos aponta como controle, a clonagem e a propagação de material vegetal resistente à seca de ponteiros (Ferreira 1989).

Sabe-se que a atividade do câmbio vascular pode ser influenciada por uma combinação de fatores ambientais, de forma que o arranjo e as características do lenho resultante desta atividade podem estar relacionados à suscetibilidade ou tolerância à seca de ponteiros. Para muitos gêneros e espécies de plantas, o diâmetro e o comprimento do elemento de vaso decrescem, enquanto a frequência dos vasos aumentam de acordo com o decréscimo da disponibilidade de água (Carlquist 1975;

Baas e Schweingruber 1987; Zhang et al. 1988; Wilkins e Papassotiriou 1989; February 1993). February et al. (1995) não observaram correlação significativa entre disponibilidade de água e frequência de vaso para clones de *Eucalyptus grandis*, *E. grandis* x *E. nitens*, e *E. grandis* x *E. camaldulensis*. Contudo, o diâmetro e o comprimento dos vasos de *E. grandis* e *E. grandis* x *E. camaldulensis* foram significativos quando comparado os tratamentos com maior e menor disponibilidade de água.

Considerando que a madeira apresenta um registro da atividade cambial e do processo de diferenciação celular em condições de maior e menor estresse ambiental espera-se que por meio do estudo do lenho seja possível uma estimativa da plasticidade fenotípica dos clones avaliados. Assim, este trabalho visa avaliar características anatômicas do lenho de genótipos contrastantes de eucalipto quanto à ocorrência da seca de ponteiros e buscar relações que permitam identificar possíveis marcadores associados à suscetibilidade ou tolerância dessa patologia.

## Referências bibliográficas

- Alfenas, A. C., Zauza, E. A. V., Mafia, R. G., Assis, T. F. Clonagem e Doenças do Eucalipto. Viçosa: UFV, 442 p., Editora UFV, 2004.
- Baas, P., Schweingruber, F.H. Ecological trends in the wood anatomy of trees, shrubs and climbers from Europe. IAWA Bull., 8: 245 -274, 1987.
- Carlquist, S. Ecological strategies of xylem evolution. University of California Press. Berkeley and Los Angeles. 259 pp, 1975.
- February, E. C., Stock, W.D., Bond, W.J., Le Roux, D.J. Relationships between water availability and selected vessel characteristics in *Eucalyptus grandis* and two hybrids. IAWA Journal, 16 (3): 269 – 276, 1995.
- February, E.C. Sensitivity of xylem vessel size and frequency to rain fall and temperature: implications for palaeontology. Palaeontologia Africana 30: 91-95, 1993.
- Ferreira, F. A. Patologia Florestal: principais doenças florestais no Brasil. Viçosa, MG: SIF, 1989, 570p.
- Maschio, L. M. A., Andrade, F. M., Celso G. Auer, C. G. Contribuição de fatores climáticos na ocorrência da seca de ponteiros de *Eucalyptus grandis* em Arapoti-Pr. Boletim de Pesquisa Florestal, Colombo, n. 41, p.55-63, 2000.
- Maschio, L. M. de A., Ferreira, C. A., Auer, C. G., Grigeletti Júnior, A., Wiecheteck, M. B., Nardelli, A. M. B., Bernardi, C. A. Descrição de uma anomalia ocorrida em *Eucalyptus grandis* na região de Arapoti-Pr, Brasil. Parte do Boletim de Pesquisa Florestal, Colombo, n.32/33, p.85-87, 1996.
- Zhang, X., Deng, L., Baas P. The ecological wood anatomy of the Lilacs (*Syringaoblata* var. *giraldii*) on Mount Taibei in North-western Chiua. IAWA Bull., 9: 24-30. 1988.
- Wilkins, A.P., Papassotiriou, S. Wood anatomical variation of *Acacia melauoxylon* in relation to latitude. IAWA Bull., 10: 201-207, 1989.

## Capítulo I

### **Anatomia do lenho como ferramenta para prospecção de características associadas à tolerância à seca de ponteiros em *Eucalyptus***

#### **Resumo**

As secções transversais e macerados de amostras do lenho de eucalipto de oito combinações de genótipo e clima foram avaliadas visando associar as características de anatomia da madeira com a tolerância à seca de ponteiros. Quando as combinações de genótipo ambiente foram avaliadas, o diâmetro médio dos vasos no anel tardio, as variáveis  $SQDPCEP \cdot 10^6 / DM^2$ , SQDD e CHSQ permitiram a discriminação dos genótipos tolerante e médio tolerante. Quando avaliadas de acordo com o ambiente, as condições de menor precipitação resultaram em aumento do volume médio dos vasos e do índice de mesomorfia. Os genótipos tolerante e médio tolerante diferiram do suscetível quanto ao número médio de elementos de vaso/mm<sup>2</sup>, diâmetro médio dos elementos de vaso, índice de vulnerabilidade e variáveis de dispersão do diâmetro dos vasos e condutância hidráulica teórica. A análise de dispersão no gráfico de componentes principais permitiu a separação dos genótipos tolerante, médio tolerante e suscetível indicando que esta abordagem é viável para a discriminação de clones divergentes quanto à tolerância à seca de ponteiros em eucalipto.

## **Abstract**

The cross sections and macerated wood samples of Eucalyptus of eight genotype and environment combinations were assessed for associating the features of wood anatomy with dieback tolerance. When combinations of genotype/environment were evaluated, the average diameter of the vessels in the late ring, variables  $SQDPCEP * 10^6/DM^2$ , SQDD and CHSQ allowed discrimination of tolerant and medium tolerant genotypes. When evaluated according to the environmental conditions of lower precipitation resulted in increase of the average volume of the vessels and mesomorphic index. The tolerant genotypes differed from the tolerant and sensitive medium as the average number of vessel elements/mm<sup>2</sup>, average diameter of vessel elements, vulnerability index and variable dispersion vessel diameter and theoretical hydraulic conductance. The graph dispersion analysis of principal components allowed to separation of the tolerant, medium tolerant and susceptible genotypes indicating that this approach is feasible for the discrimination of divergent clones to dieback tolerance in eucalyptus.

## Introdução

A seca de ponteiros do eucalipto é uma patologia vegetal caracterizada pela seca de ápices de galhos e ramos da haste principal e da incidência de lesões ou minicancros nas inserções dos ramos e folhas. É considerada uma enfermidade de etiologia complexa, induzida por fatores abióticos e bióticos (Alfenas *et al.* 2004, Jurskis 2005). A seca de ponteiros tem sido observada em plantas de seis a dezoito meses de idade em várias regiões do Brasil, particularmente durante os meses mais secos do ano (Ferreira 1989, Mattiello *et al.* 2009). Outros trabalhos argumentam esta patologia estar associada à deficiência de boro (Matiello *et al.* 2009, Alves 2011). Atualmente, a seca de ponteiros do eucalipto é tratada como um distúrbio fisiológico (Zauza 2011 - Comunicação pessoal).

A descrição de processos geomórficos ou informações ambientais com base nas sequências de anéis de crescimento, em várias ocasiões, apresentou-se como ferramenta confiável para a aquisição de dados de eventos passados (Stoffel e Bollschweiler 2008). O crescimento de árvores é coordenado por fatores internos (bióticos e genéticos) tanto como externos (abióticos). A longevidade, maturação ou sensibilidade de uma árvore, representa alguns dos fatores internos que dirigem o seu crescimento, enquanto a luz, temperatura, água, suprimento de nutrientes, vento, ar e poluição do solo ou impactos geomórficos podem influenciar o incremento radial do crescimento de árvores como fatores externos (Schweingruber 1996).

As características do lenho, inerentes ao genótipo ou sob a influência do ambiente, podem refletir nas propriedades do xilema secundário ou resultar em outros efeitos na planta como um todo (Villar-Salvador *et al.* 1997). Considerando que o déficit hídrico é uma das possíveis causas deste distúrbio, a atividade do câmbio e o arranjo e características do lenho podem estar relacionadas à suscetibilidade ou tolerância à seca de ponteiros. Para muitos gêneros e espécies de plantas, o diâmetro e o comprimento do elemento de vaso decrescem, enquanto a frequência dos vasos aumenta de acordo com o decréscimo da disponibilidade de água (Carlquist 1975, Baas e Schweingruber 1987, Zhang *et al.* 1988, Wilkins e Papassotiriou 1989, February 1993).

Fichot *et al.* (2009) observaram variação significativa na anatomia do vaso, anatomia da fibra e hidráulica dos elementos traqueais de *Populus*, de forma independente do regime de irrigação. Na ausência de déficit hídrico, não foram

detectadas correlações significativa entre as características do xilema secundário, descartando a possibilidade do uso de características anatômicas simples como critérios para a seleção de tolerância a déficit hídrico moderado. Para híbridos de *Populus deltoides* e *P. nigra*, foram observadas interações significativas entre o genótipo e os tratamentos de regime de irrigação contrastantes. Foram observados dois grupos de genótipos, um em que as variáveis responderam significativamente e outro em que elas não responderam de forma significativa aos tratamentos. Em condições de déficit hídrico, altos valores de diâmetro de vasos e baixos valores de densidade de vasos estavam associados a um alto nível de tolerância.

February *et al.* (1995) não observaram correlação significativa entre disponibilidade de água e frequência de vaso para clones de *Eucalyptus grandis*, *E. grandis* x *E. nitens*, e *E. grandis* x *E. camaldulensis*. Contudo, o diâmetro e o comprimento dos vasos de *E. grandis* e *E. grandis* x *E. camaldulensis* foram significativos quando comparado os tratamentos com maior e menor disponibilidade de água. Para todos os materiais avaliados, a disponibilidade de água teve uma influência significativa no diâmetro e área seccional transversal do caule.

Considerando que o estudo de características anatômicas do lenho de genótipos contrastantes pode contribuir para o melhor entendimento desta patologia, o trabalho visa avaliar a plasticidade fenotípica no lenho de genótipos contrastantes de eucalipto quanto à ocorrência da seca de ponteiros, bem como buscar relações ou características que permitam identificar possíveis marcadores associados à suscetibilidade ou tolerância a esta patologia vegetal.

## Material e métodos

### *Material vegetal e coleta de amostras*

As amostras, que consistiram de toretes de 0,5 m de comprimento retirados a 75% da altura comercial, foram enviadas ao Laboratório de Propriedades da Madeira/DEF/UFV onde foram processadas. Os toretes foram subamostrados em seções transversais do lenho de 5 cm de espessura a partir do qual foram retirados os corpos de prova com os anéis precoce e tardio para preparo de macerados.

Foram amostradas três árvores de cada uma das oito combinações de genótipo, unidade de manejo e clima, onde cada uma foi considerada um tratamento (Tabela 1). As amostras (clones 1178, 2004 e 9843) consistiram de genótipos contrastantes quanto à tolerância a seca de ponteiro, considerados ideótipos com base nas observações de ocorrência da doença em nível de campo. O genótipo 2004 não apresentou seca de ponteiros, enquanto os clones 9843 e 1178 apresentaram 10,7% e 66,4% de ocorrência no total da área monitorada propensa a ocorrência desta patologia, respectivamente. Os climas amostrados correspondem a regiões secas com <1.100 mm/ano (W), regiões intermediárias, com 1.100 a 1500 mm/ano (M) e regiões chuvosas com >1.500 mm/ano (F). As demais identificações dizem respeito à unidade de manejo onde foram retiradas as amostras.

### *Análise anatômica do lenho*

As amostras de lenho foram submetidas a processo de amolecimento e retirada de ar, tratadas em solução de álcool etílico, água e glicerina (1:1:1) e submetidas a vácuo em temperatura não superior a 40°C. Em seguida, as amostras foram fervidas nesta solução a 1atm por 2 h.

Os planos de corte foram alinhados e seções transversais de 15 µm de espessura foram obtidas em micrótomo de arraste (Leica SM 2000R). Os cortes foram retirados da superfície da navalha com o auxílio de um pincel molhado e mantido em água em placas de Petri.

Os cortes foram corados com Safranina (aquosa) por 30 min e desidratados em série alcoólica etílica crescente (0, 50, 70, e 95%) e em mais duas etapas em álcool etílico absoluto. Em seguida foram transferidos para série xilol:etanol (1:3, 1:1, 3:1), e

para xilol puro por mais dois passos, cada etapa durando 10 min. Os cortes foram transferidos para lâminas e a montagem realizada com resina sintética (Permout).

O macerado foi obtido pelo Método de Nicholls e Dadswell, onde pequenos fragmentos do lenho foram retirados e mantidos em solução de ácido acético glacial e peróxido de hidrogênio (1:1), de modo a solução macerante cobrir todas as amostras. O material em tratamento foi mantido em tubos de ensaio em estufa a 60°C por três dias, após o qual foi lavado em água corrente. O macerado foi colorido com azul de Astra, submetido à série alcoólica e xilólica conforme procedimento realizado para os cortes transversais e as lâminas montadas em resina sintética (Permout).

As observações e a documentação fotográfica do laminário permanente foram realizadas em microscópio de luz (modelo AX70TRF, Olympus Optical) equipado com U-Photo e com câmara digital acoplada, do Laboratório de Anatomia Vegetal da UFV. Para a análise das variáveis foram amostrados aleatoriamente 100 campos (1 mm<sup>2</sup>) para cada repetição de cada tratamento, 100 elementos de vaso para determinação do diâmetro e 50 amostras para comprimento dos vasos. As demais variáveis foram obtidas por contagem nos campos amostrados ou por fórmulas a partir de combinações das variáveis obtidas por contagem direta.

#### *Variáveis avaliadas*

Foram avaliadas variáveis que envolviam as dimensões dos elementos de vaso e ou que estimavam sua distribuição nos anéis estival e primaveril presentes no lenho. As variáveis quantitativas foram: número médio de vasos por mm<sup>2</sup> total (nmvt), no anel estival (nmve) e no anel primaveril (nmvp), diâmetro médio de vasos total (dmvt), no anel estival (dmve) e no anel primaveril (dmvp), comprimento médio dos vasos (cmv), volume médio estimado dos vasos ( $V=\pi D^2 H/100000$ ), índice de vulnerabilidade (Carlquist 1977, Dickson 2000) para o anel estival (dmve/nmve) e primaveril (dmvp/nmvp), índice de mesomorfia (Carlquist 1977, Dickson 2000) ((dmve/nmve)\*cmv), soma de quadrados dos desvios do número de vasos por classe de diâmetro dos anéis estival e primaveril ponderado pelo diâmetro médio total (SQDDEP/dmvt), soma de quadrados dos desvios picos de classes da distribuição dos vasos por classe de diâmetro entre os anéis estival e primaveril (SQDPCEP/dmvt), relação  $SQDDEP*1000/(dmvt)^2$ , relação  $SQDPCEP*1000000/(dmvt)^2$ , relação  $(cmv)^3/(área\ de\ seção\ transversal\ dos\ vasos*dmvt)$ , soma de quadrados dos desvios do

diâmetro dos elementos de vaso no anel estival e primaveril (SQDD), relação soma de quadrados dos desvios do número de elementos de vaso por área no anel estival e primaveril (SQDN)/nmvt), relação (SQDN/(nmvt)<sup>2</sup>), condutividade hidráulica teórica total (Tyree e Ewers, 1991) (CHT\*1000000), condutividade hidráulica teórica no anel estival (CHE\*1000000), condutividade hidráulica teórica no anel primaveril (CHP\*1000000), soma de quadrados dos desvios entre a condutividade hidráulica do anel estival e primaveril (CHSq).

### *Análise estatística*

Os tratamentos foram avaliados considerando um delineamento inteiramente casualizado, sendo as análises realizadas com base na observação da presença ou ausência de características (análise qualitativa) ou pela análise estatística apropriada das variáveis quantitativas (Software GENES, Cruz 2004).

Os dados foram submetidos aos testes de homogeneidade de variâncias e distribuição normal, após o qual foi realizada a análise de variância e realizado o teste de médias adequado. De acordo com a disponibilidade das amostras e para fins de análise estatística cada combinação de genótipo e ambiente (clima) foi considerada um tratamento (Tabela 1). As variáveis foram submetidas ao teste de Tukey em nível de 5% de probabilidade.

Com o objetivo de se avaliar a tendência de comportamento das variáveis de acordo com os genótipos e ambiente, os contrastes obtidos entre as médias do genótipo suscetível em relação ao tolerante e médio tolerante, e ambientes com a maior e menor expectativa de estresse hídrico, foram avaliados pelo teste de Scheffé.

Adicionalmente, foi utilizada a técnica multivariada de componentes principais que permite a obtenção de um número reduzido de variáveis abstratas e independentes visando a representar em ordem de estimação o máximo da variação total contida nas variáveis originais. Os escores foram gerados a partir das variáveis dmvt, dmve, IVP, SQDDEP/DM, SQDPCEP/DM e CHSQ e foram utilizados para a análise de dispersão gráfica para avaliar a possibilidade de agrupamento dos genótipos.

## Resultados

Foram obtidas lâminas de cortes transversais do lenho dos clones 2004, 9843 e 1178, tolerante, medianamente tolerante e suscetível à seca de ponteiros, respectivamente, em oito combinações de clima e ambiente, cada combinação compreendendo um tratamento (Tabela 1).

A observação do lenho permitiu verificar a formação de anéis de crescimento e regiões que apresentavam diferenças nítidas quanto ao calibre dos elementos de vaso e espessamento da parede das células comuns a todos os tratamentos (Figuras 1A a 1H). Apesar da avaliação de três genótipos distintos e diferenças atribuídas aos fatores ambientais das áreas amostradas, os padrões observados na Figura 1 (avaliação qualitativa) foram comuns a todos os tratamentos avaliados.

Diferentes tipos celulares foram observados no macerado e nas secções transversais do lenho de eucalipto (Figura 1). Os elementos traqueais são formados por elementos de vaso e ocasionalmente foi observado a presença de traqueídes com pontoações areoladas (Figura 1A). Os elementos de vaso apresentam placa de perfuração simples e eventualmente tilos (Figura 1C). O parênquima axial pode ou não estar associado aos vasos (Figura 1B)

A frequência dos vasos por classes de diâmetro, total e nos anéis precoce e tardio, foi apresentada como média por genótipo para efeito de visualização gráfica das tendências de cada clone (Figuras 3A, 3B e 3C). Uma distribuição média do total de vasos (N) mais significativa pelas classes de diâmetro foi verificada para os clones tolerante (2004) e medianamente tolerante (9843) (Figura 3A). As diferenças entre os genótipos na distribuição dos vasos por classe de diâmetro parecem ser mais significativas na distribuição dos vasos total e do anel estival (Figura 3A e 3B).

O padrão de distribuição dos vasos por classe de diâmetro indica menor plasticidade do clone 1178 comparado aos clones 9843 e 2004 (Figura 3). O clone 1178 apresentou uma maior frequência de elementos de vaso entre 100 e 140  $\mu\text{m}$  para os anéis precoce e tardio. Já os clones tolerante e médio tolerante apresentaram diferença de pelo menos 40  $\mu\text{m}$  entre as classes de maior frequência entre os anéis precoce e tardio. Esta observação está de acordo com a alternativa de diferença na plasticidade, ou

maior ou menor efeito do ambiente sobre o funcionamento do câmbio dos genótipos avaliados.

A discriminação das características do lenho tomados os anéis estival e primaveril em separado se mostrou promissora para a discriminação dos genótipos e possibilidade de associação com a tolerância à seca de ponteiros em eucalipto (Figura 3). A avaliação das dimensões e distribuição dos elementos de vaso, tomando o xilema como um todo ou discriminando os anéis de crescimento, nos permitiu realizar inferências quanto ao comportamento dos genótipos e a influência do ambiente sobre a formação do lenho (Tabela 2).

As variáveis diâmetro médio dos vasos do anel estival,  $SQDPCEP \cdot 10^6 / DM$ ,  $C^3 / (A \cdot D)$  e SQDD permitiram a discriminação do genótipo tolerante, ou tolerante e médio tolerante, à seca de ponteiros das demais combinações de genótipo/clima, de acordo com o teste de Tukey em nível de 5% de probabilidade (Tabela 2).

Os índices de vulnerabilidade e de mesomorfia indicam que, nas condições avaliadas, os genótipos não correm risco de embolia e que podem ser classificados como mesomórfas (Tabela 2). Quando foram avaliadas as médias por ambiente, apenas as variáveis volume médio dos vasos e índice de mesomorfia apresentaram diferenças significativas (Tabela 3). Para as médias por genótipo, quinze das vinte e três variáveis avaliadas, dentre elas os índices de vulnerabilidade e mesomorfia, apresentaram um comportamento que nos permite discernir os genótipos tolerante e médio tolerante do genótipo suscetível à seca de ponteiros.

Podemos verificar que a frequência e a distribuição por classe de diâmetro dos vasos total (Figura 3A) e no anel tardio (Figura 3B) variou entre os genótipos amostrados. Já a distribuição por classe de diâmetro dos vasos no anel precoce foi semelhante para os genótipos tolerante e suscetível à seca de ponteiros. Vale ressaltar que a diferença entre as classes de diâmetro de vaso de maior frequência no anel tardio e precoce para o genótipo suscetível não foi significativa, o mesmo não ocorrendo para os demais genótipos. Este comportamento pode estar relacionado a uma característica inerente a cada clone ou um reflexo da plasticidade do mesmo em resposta às condições ambientais.

Os escores dos componentes principais gerados permitiram a separação dos genótipos tolerante, médio tolerante e suscetível pela análise de dispersão gráfica.

## Discussão

A formação dos anéis de crescimento foi uma característica observada em todos os tratamentos, variando quanto ao calibre dos elementos de vaso e espessamento da parede das células. Portanto, considerando a semelhança entre os padrões dos anéis, esta característica reflete a influência de fatores ambientais sobre a atividade do câmbio e conseqüentemente, variações no processo de ontogênese dos componentes celulares do xilema.

A ocorrência de traqueídes e fibras no lenho de eucalipto é um fator interessante, pois pode apresentar implicações quanto a eficiência do transporte e resistência a embolia nos elementos condutores do xilema (Evangelista *et al.* 2010). Por outro lado, a ocorrência de tilos foi aleatória e desconsiderada para efeito de avaliação.

Considerando as médias, tomadas por genótipo ou por ambiente, foram observadas diferenças significativas e não significativas entre os contrastes. O ambiente apresentando menor estresse, com relação à disponibilidade de água vinculada a precipitação média, resultou em valores significativamente maiores para o volume médio dos vasos e índice de mesomorfia.

Os genótipos por sua vez apresentaram diferenças significativas para o número, diâmetro, volume, índice de vulnerabilidade e mesomorfia, dispersão e distribuição dos vasos pelas classes de diâmetro e condutividade hidráulica teórica. Apesar dos valores obtidos para o índice de vulnerabilidade dos clones indicarem a ausência de risco de embolia nas condições avaliadas Carlquist (1977) observa-se que estes valores aumentam significativamente para os clones tolerante e médio tolerante. Isto nos sugere que, numa situação extrema, o clone suscetível à seca de ponteiros possa estar mais sujeito a embolia.

Observa-se que o genótipo suscetível apresenta maior número de elementos de vaso por unidade área. Por outro lado, e de acordo com a análise conjunta, os genótipos tolerante e médio tolerante apresentaram maior diâmetro, volume índices de vulnerabilidade e mesomorfia, dispersão dos elementos de vaso pelas classes de diâmetro e condutividade hidráulica teórica.

Esta tendência deve ser avaliada com cautela, pois também foram observadas diferenças significativas entre o clone tolerante e médio tolerante, aqui analisados em

conjunto. Estas diferenças sugerem que outros fatores ou características dos clones possam estar associadas à tolerância à seca de ponteiros. Ainda, apesar da diferença no diâmetro médio, a melhor distribuição dos vasos por classes de diâmetro pode resultar em uma condição que venha a mitigar a possibilidade de problemas associados à embolia ou à seca de ponteiros, mesmo em indivíduos com maiores calibres de elementos.

Esta observação está de acordo com a melhor dispersão por classes de diâmetro, ou maiores dimensões e condutância hidráulica teórica dos elementos de vaso para os genótipos tolerante e médio tolerante. Este resultado também sugere uma maior capacidade do câmbio, ou plasticidade, destes genótipos em responder às condições ambientais, observadas as diferenças nas classes de diâmetro de elemento de vaso em cada anel de crescimento.

A formação de vasos menores entre os anéis é consistente com estudos dendroecológicos (Villar-Salvador *et al.* 1997, Lovisolo e Schubert 1998, Garcia-Gonzalez e Eckstein 2003, Corcuera *et al.* 2004, Eilmann *et al.* 2006, Holste *et al.* 2006, Arend e Fromm 2007) e aparenta estar relacionado a uma resposta adaptativa pois menores vasos são menos suscetíveis ao embolismo induzido por seca (Sperry e Saliendra 1994, Al-Khalifah *et al.* 2006). Adicionalmente, a formação de vasos menores em videiras tratadas com seca parece contribuir para a regulação do fluxo de água em condições de crescimento com limitação de água (Lovisolo e Schubert 1998).

Apesar de em nosso trabalho algumas das combinações de genótipo e ambiente estarem ausentes, esta tendência também foi constatada ao compararmos os clones tolerante e suscetível e ao avaliarmos as dimensões dos elementos de vaso pela variável  $C^3/(A*D)$ . Adicionalmente, a interação entre estas fontes de variação, bem como a avaliação de características de outros tipos celulares como dimensões das fibras e espessamento de parede, poderão também auxiliar na discriminação de genótipos divergentes quanto à ocorrência deste distúrbio.

February *et al.* (1995) avaliaram os valores médios de diâmetro e frequência de vasos em eucalipto comparados em dois tratamentos, de alta e baixa disponibilidade de água. Com o aumento da transpiração, *E. grandis* e o híbrido de *E. grandis* X *E. camaldulensis* apresentaram incrementos significativos do diâmetro e comprimento de vaso do tratamento com menor para o com maior disponibilidade de água. Foi

verificada ausência de correlação significativa entre disponibilidade de água e a frequência de vasos. Contrariamente, com o aumento da absorção de água, a frequência de vasos somente foi significativa para o híbrido de *E. grandis* x *E. nitens*. *E. grandis* e *E. grandis* x *E. camaldulensis* foram mais plásticos em termos da resposta anatômica à disponibilidade de água, enquanto *E. grandis* x *E. nitens* foi menos plástico. Por outro lado, *E. grandis* x *E. nitens* apresentou o maior WUE (Increases in water use efficiency) entre os materiais avaliados.

Arend e Fromm (2007) verificaram alterações na anatomia das células de xilema em desenvolvimento de híbridos de *Populus* submetidos a tratamento de seca em nível de campo tais como a redução do comprimento, área da seção transversal de fibras e de elementos de vaso devido à seca no início do verão. Contudo, a relação de área de vasos por área de xilema não foi afetada por um aumento proporcional no número de vasos.

Mesmo com os maiores valores de condutividade hidráulica teórica para o clone suscetível e médio tolerante, a soma de quadrados das diferenças da condutividade entre os anéis estival e primaveril indicam um maior incremento de condutividade para o clone tolerante. Esta característica pode contribuir para a tolerância do clone tanto por estar adaptado a menores condutividades médias e como por ser favorecido com maiores aumentos de condutividade em condições de estresse.

A cavitação em regiões distais pode resultar na morte de pequenos ramos (Rood *et al.* 2000) e a vulnerabilidade do xilema a cavitação e embolismo é um dos principais fatores para se determinar a tolerância de plantas a seca (Tyree e Sperry 1989, Cochard e Tyree 1990, Tyree e Ewers 1991, Tognetti *et al.* 1998). Tendo em vista que a baixa disponibilidade de água ou condições de estresse pode contribuir para o aumento deste distúrbio e que existem genótipos mais ou menos plásticos em resposta ao estresse, a estimativa da vulnerabilidade do xilema à cavitação pode também contribuir para o estudo de características relacionadas à seca de ponteiros.

De acordo com a lei de Hagen-Poiseuille, a condutividade hidráulica de um cilindro é proporcional ao seu diâmetro à quarta potência (Tyree *et al.* 1994). Conseqüentemente, quanto maiores os vasos, maior sua suscetibilidade ao embolismo causado por seca ou congelamento (Sperry e Sullivan 1992, Tyree *et al.* 1994). Vale ressaltar que, em nosso trabalho, o genótipo tolerante apresentou diferenças significativas quanto ao diâmetro médio dos vasos do anel estival, SQDD e relação

entre as dimensões do elemento e de incremento médio quanto aos desvios de condutividade hidráulica entre os anéis precoce e tardio. Estas características podem conferir ao clone tolerante menor suscetibilidade a cavitação comparado aos demais genótipos.

Potters *et al.* (2007) argumentam que apesar da diversidade de fenótipos, a resposta morfogênica genérica induzida por estresse pode ser reconhecida, e aparenta ser coordenada por três componentes: inibição do alongamento celular, estímulo localizado da divisão celular e alterações no status de diferenciação celular. Possíveis processos como o aumento da produção de espécies reativas de oxigênio, alteração do transporte de fitohormônios e ou do metabolismo são levantados, sendo a resposta morfogênica induzida por estresse (RMIE) postulada como parte de uma estratégia de aclimatação onde o crescimento é redirecionado para reduzir a exposição ao estresse. Adicionalmente, vários trabalhos relataram o comportamento distinto de genótipos diferentes quanto à exposição e resposta ao estresse hídrico (February *et al.* 1995, Barcelar *et al.* 2007, Raimondo *et al.* 2009, Fichot *et al.* 2009).

Existe um consenso de que a arquitetura hidráulica influencia as relações de água da planta e seu potencial de crescimento (Hubbard *et al.* 1999). Por sua vez, as propriedades hidráulica das plantas variam em resposta a fatores ambientais como disponibilidade de nutrientes (Harvey e van den Driessche 1997, Holste *et al.* 2006), de água (Carlquist e Hoekman 1985, Pockman e Sperry 2000), porosidade do solo (Hacke *et al.* 2001, Holste *et al.* 2006), irradiância (Holste *et al.* 2006, Barigah *et al.*, 2006).

Assim, podemos considerar a existência mais de um tipo de mecanismo de resposta do genótipo (feedback) contribuindo para a resistência, tolerância ou suscetibilidade de um determinado tipo de estresse, como o déficit hídrico, seca de ponteiros, ou outro capaz de alterar a estrutura de componentes do sistema hidráulico das plantas.

Considerando que os genótipos têm o potencial de se adaptar ao ambiente e a condições de estresse onde estão se desenvolvendo, estas respostas podem apresentar registros nas características do lenho. Contudo, para a validação da relação das variáveis aqui associadas com a tolerância à seca de ponteiros é necessária a condução dos mesmos genótipos em ambientes diferentes, possibilitando estimar com maior precisão

a influência destas condições ambientais nas respostas de cada genótipo. Do mesmo modo, o teste de outros genótipos e combinações de ambiente e clima é igualmente recomendado.

A utilização da técnica multivariada de componentes principais foi eficiente na identificação de clones de eucalipto com comportamento diferenciado entre ambientes, facilitando o ordenamento quanto a grupos de adaptabilidade (Rocha *et al.* 2005). Esta mesma técnica foi utilizada com sucesso na amostragem de acessos de milho mais divergentes para composição de um banco de germoplasma (Coimbra *et al.* 2012), adaptabilidade e estabilidade de variedades de soja (Barros *et al.* 2008) e aspectos de estabilidade e produção de outras culturas de importância (Ferreira *et al.* 2005, Nascimento Filho *et al.* 2009).

Quando o comportamento de duas cultivares são concordantes em dois ambientes distintos, a interação é chamada de interação simples, não acarretando maiores problemas. Entretanto, quando as cultivares possuem comportamento diverso, a interação é denominada complexa. Considerando um número maior de ambientes e de cultivares, a presença de interação complexa quase sempre indica a existência de cultivares especificamente adaptados a ambientes particulares, bem como de outras com adaptação mais ampla, porém sem alto potencial produtivo (Ramalho *et al.* 1993).

Metodologias baseadas em análise de componentes principais, embora rotineiramente utilizadas em programas de melhoramento em estudos de diversidade genética, são pouco utilizadas em estudos da interação genótipo x ambiente (Rocha *et al.* 2005). Nesse trabalho, a metodologia baseada na análise de componentes principais denominada de centroide, foi utilizada para representar a variação da performance dos genótipos nos ambientes em uma dispersão no plano, o que permite uma análise simultânea de características de um número elevado de genótipos em virtude da facilidade de interpretação dos resultados.

O conceito de adaptabilidade e estabilidade utilizado no método centróide diferencia dos demais, uma vez que o genótipo de máxima adaptação específica não é aquele que apresenta bom desempenho nos grupos de ambientes favoráveis ou desfavoráveis, mas sim o genótipo que apresenta valores máximos para determinado grupo de ambientes (favoráveis e desfavoráveis) e mínimo para o outro conjunto (Rocha *et al.* 2005).

A análise estatística das combinações de genótipo e ambiente (Tabela 2) com as análises considerando o genótipo ou o ambiente de forma isolada (Tabela 3) apresentaram algumas divergências. Isto pode ser justificado pela ausência de algumas das combinações de genótipo ambiente para este fim, ou devido a existência de outros fatores, aqui desconsiderados, que podem estar associados à seca de ponteiros. Contudo, a análise de dispersão gráfica (Figura 4) com base nos componentes principais permitiu a separação dos genótipos tolerante, médio tolerante e suscetível.

A análise visual do gráfico de componentes principais apresenta os tratamentos (combinações de genótipo ambiente) dispersos, onde o genótipo tolerante se encontra na porção superior enquanto os tratamentos do médio tolerante e suscetível estão na porção inferior. Os genótipos médio tolerante e suscetível ainda se encontram em quadrantes distintos do gráfico. Apesar da separação dos genótipos, esta análise deve ser observada com cautela, devido a indisponibilidade de todas as combinações genótipo ambiente, o que pode incorrer em imprecisão experimental.

### **Conclusões**

Apesar da ausência de relatos relacionando características dos elementos de vaso, ou a elas associadas, com a tolerância à seca de ponteiros, no presente trabalho foi possível à discriminação de genótipos divergentes quanto à tolerância, independentemente do ambiente. Esta análise pode contribuir para a condução de programas de melhoramento na seleção de genótipos, reduzindo tempo e recursos para a obtenção de material tolerante.

## Referências bibliográficas

- Alfenas, A. C., Zauza, E. A. V., Mafia, R. G., Assis, T. F. Clonagem e Doenças do Eucalipto. Viçosa: UFV, 442 p., Editora UFV, 2004.
- Al-Khalifah, N.S., Khan, P.R., Al-Abdulkader, A.M., Nasroun T. Impact of water stress on the sapwood anatomy and Functional morphology of *Calligonum comosum*. IAWA Journal, 27 (3): 299–312, 2006.
- Alves, F. F. Seca de ponteiros e crescimento de clones de eucalipto em diferentes doses de adubação. Dissertação de Mestrado, UFV, Viçosa, MG, 48 p., 2011.
- Arend, M., Fromm, J. Seasonal change in the drought response of wood cell development in poplar. *Tree Physiology* 27: 985–992, 2007.
- Baas, P., Schweingruber, F. H. Ecological trends in the wood anatomy of trees, shrubs and climbers from Europe. *IAWA Bull.*, 8: 245 -274, 1987.
- Bacelar, E. A., Moutinho-Pereira, J. M., Gonçalves, B. C., Ferreira, H. F., Correia, C. M. Changes in growth, gas exchange, xylem hydraulic properties and water use efficiency of three olive cultivars under contrasting water availability regimes. *Environmental and Experimental Botany* 60:183–192, 2007.
- Barigah, T.S., Ibrahim, T., Bogard, A., Faivre-Vuillin, B., Lagneau, L. A., Montpied, P., Dreyer, E., Irradiance-induced plasticity in the hydraulic properties of saplings of different temperate broad-leaved forest tree species. *Tree Physiology*, 26:1505-1516, 2006.
- Barros, H. B., Sedyama, T., Teixeira, R. C., Cruz, C. D. Análises paramétricas e não-paramétricas para determinação da adaptabilidade e estabilidade de genótipos de soja. *Scientia Agraria*, 9(3): 299-309, 2008.
- Carlquist, S. W. Ecological strategies of xylem evolution. University of California Press. Berkeley and Los Angeles. 259 pp, 1975.
- Carlquist, S. W. Ecological Factors in Wood Evolution: A Floristic Approach. *American Journal of Botany* 64(7): 887-896, 1977.
- Carlquist, S. W., Hoekman, D.A. Ecological wood anatomy of the woody southern Californian flora. *IAWA Bulletin NS*, 6: 319–347, 1985.
- Cochard, H., Tyree, M.T. Xylem dysfunction in *Quercus*: vessel sizes, tyloses, cavitation and seasonal changes in embolism. *Tree Physiology*, 6: 393-407, 1990.
- Coimbra, R. R., Miranda, G. V., Cruz, C. D., Silva, D. J. H., Vilela, R. A. Amostragem de acessos introduzidos e melhorados para composição de uma coleção núcleo de milho. *Revista Ciência Agrônômica*, 43(1): 184-194,2012.

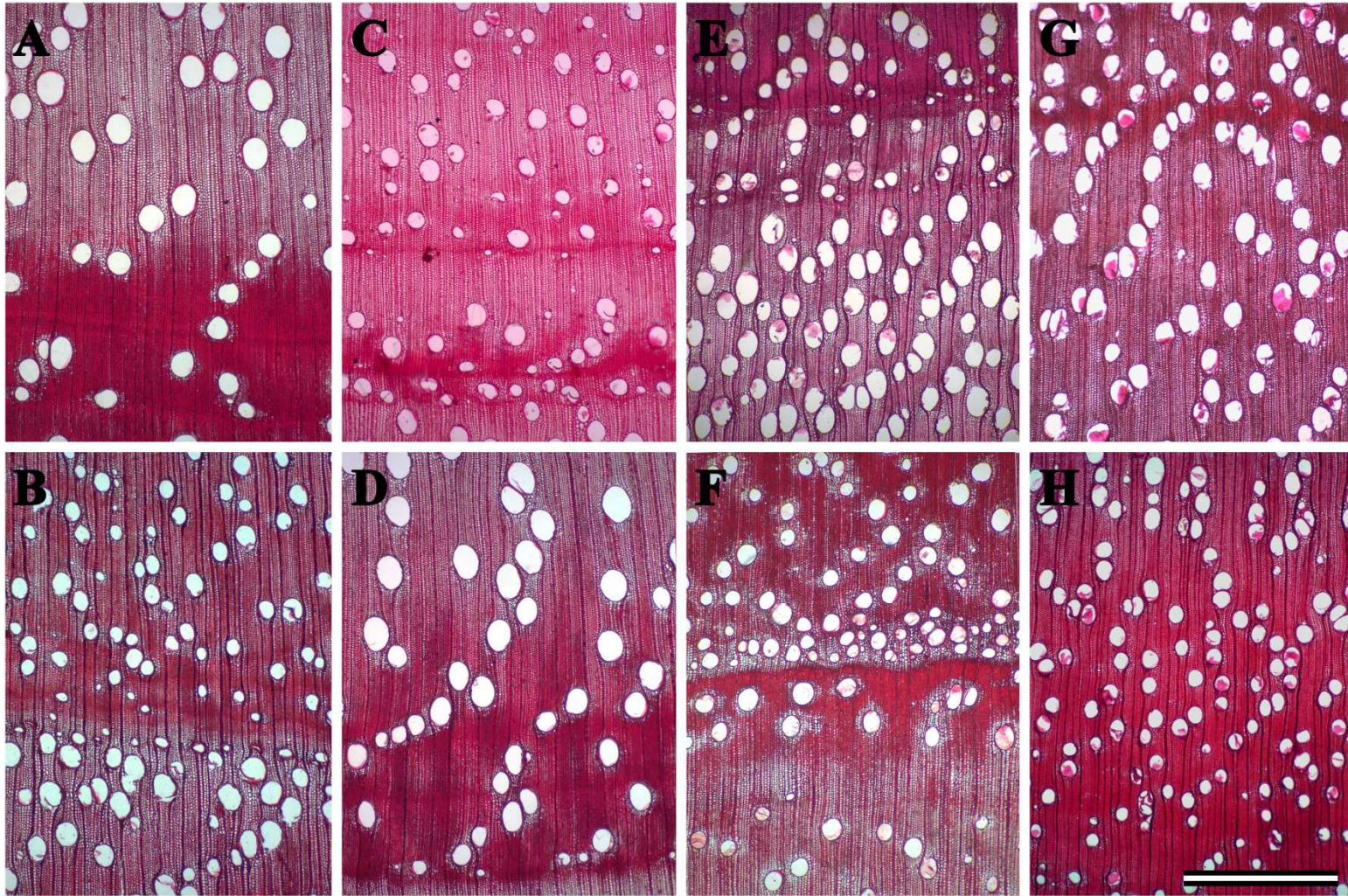
- Corcuera, L., Camarero, J. J., Gil-Pelegrin, E. Effects of a severe drought on *Quercus ilex* radial growth and xylem anatomy. *Trees*, 18:83–92, 2004.
- Dickson, W. C. Integrative Plant Anatomy. Harcourt Academic Press, 533p., 2001.
- Eilmann, B., P. Weber, A. Rigling, D. Eckstein. Growth reactions of *Pinus sylvestris* L. and *Quercus pubescens* Willd. To drought years at a xeric site in Valais, Switzerland. *Dendrochronologia*, 23:121–132, 2006.
- Evangelista W. V., Silva J. C., Valle M. L. A., Xavier B. Al. Caracterização anatômica quantitativa da madeira de clones de *Eucalyptus camaldulensis* Dehn. e *Eucalyptus urophylla* S.T. Blake. *Scientia Forestalis*, 38(86): 273-284, 2010.
- February, E. C., Stock, W.D., Bond, W.J., Le Roux, D. J. Relationships between water availability and selected vessel characteristics in *Eucalyptus grandis* and two hybrids. *IAWA Journal*, 16 (3): 269 – 276, 1995.
- February, E. C. 1993. Sensitivity of xylem vessel size and frequency to rain fall and temperature: implications for palaeontology. *Palaeontologia Africana* 30: 91-95, 1993.
- Ferreira, A., Barbosa, M. H. P., Cruz, C. D., Hoffmann, H. P., Vieira, M. A. S., Bassinello, A. I., Silva, M. F. Repetibilidade e número de colheitas para seleção de clones de cana-de-açúcar. *Pesquisa Agropecuária Brasileira*, 40(8): 761-767, 2005.
- Ferreira, f. A. Patologia Florestal: principais doenças florestais no Brasil. Viçosa, MG: SIF, 1989, 570p.
- Fichot, R. Laurans, F., Monclus, R., Moreau, A., Pilate, G. Brignolas, F. Xylem anatomy correlates with gas exchange, water-use efficiency and growth performance under contrasting water regimes: evidence from *Populus deltoids* *Populus nigra* hybrids. *Tree Physiology*, doi:10.1093/treephys/tpp087.
- Garcia-Gonzalez, I., D. Eckstein. Climatic signal of earlywood vessels of oak on a maritime site. *Tree Physiology*, 23:497–504, 2003.
- Hacke U.G., Sperry J.S., Pockman W.T., Davis S.D., McCulloh K. Trends in wood density and structure are linked to prevention of xylem implosion by negative pressure. *Oecologia*, 126:457–461, 2001.
- Hacke, U.G., Sperry, J. S. Functional and ecological xylem anatomy. *Perspectives in Plant Ecology, Evolution and Systematics* Vol. 4/2, pp. 97–115, 2001.
- Harvey H.P., van den Driessche R. Nutrition, xylem cavitation and drought resistance in hybrid poplar. *Tree Physiology*, 17:647–654, 1997.

- Holste, E.K., Jerke, M. J., Matzner, S.L. Long-term acclimatization of hydraulic properties, xylem conduit size, wall strength and cavitation resistance In *Phaseolus vulgaris* in response to different environmental effects. *Plant, Cell and Environment*, 29: 836–843, 2006.
- Hubbard, R.M., Bond, B.J., Ryan, M.G. Evidence that hydraulic conductance limits photosynthesis in old *Pinus ponderosa* trees. *Tree Physiology*, 19: 165–172, 1999.
- Jurskis, V. Eucalypt decline in Australia, and a general concept of tree decline and dieback. *Forest Ecology and Management* 215: 1–20, 2005.
- Lovisoló, C., A. Schubert. Effects of water stress on vessel size and xylem hydraulic conductivity in *Vitis vinifera*L. *Journal of Experimental Botany*, 49:693–700, 1998.
- Mattiello E. M et al. Transporte de boro no solo e sua absorção por eucalipto. *Revista Brasileira de Ciência do Solo*, Viçosa, 33: 1281-1290, 2009.
- Nascimento Filho, F. J., Atroch, A. L., Cruz, C. D., Carneiro, P. C. S. Repetibilidade da produção de sementes em clones de guaraná. *Pesquisa Agropecuária Brasileira* 44(6): 605-612, 2009.
- Pockman, W.T., Sperry, J.S. Vulnerability to xylem cavitation and the distribution of Sonoran desert vegetation. *American Journal of Botany*, 87: 1287–1299, 2000.
- Potters, G., Pasternak, T.P., Guisez, Y., Palme, K.J., Jansen, M.A.K. Stress-induced morphogenic responses: growing out of trouble? *TRENDS in Plant Science*, 12(3): 98-105, 2007.
- Raimondo, F., Trifilò, P., Lo Gullo, M. A., Buffa, R., Nardini, A., Salleo, S. Effects of reduced irradiance on hydraulic architecture and water relations of two olive clones with different growth potentials. *Environmental and Experimental Botany* 66: 249-256, 2009.
- Ramalho, M. P., Santos, J. B., Zimmermann, M. J. Interação dos genótipos por ambientes. In: Ramalho, M. P.; Santos, J. B.; Zimmermann, M. J. *Genética quantitativa em plantas autógamas: aplicações ao melhoramento do feijoeiro*. Goiânia: Editora da UFG, 1993. p. 137-170.
- Rocha, R. B., Muro-Abad, J. I., Araújo, E. F., Cruz, C. D. Avaliação do método centróide para estudo de adaptabilidade ao ambiente de clones de *Eucalyptus grandis*. *Ciência Florestal*, 15(3): 255-266, 2005.
- Rood S. B., Patino S., Coombs K., Tyree M. T. Branch sacrifice: cavitation-associated drought adaptation of riparian cottonwoods. *Trees – Structure and Function*, 14:248-257, 2000.
- Rossi, S., Deslauriers, A., Anfodillo, T., Morin, H., Saracino, A., Motta, R., Borghetti, M. Conifers in cold environments synchronize maximum growth rate of tree-ring formation with day length. *New Phytologist*, 170:301–310, 2006.

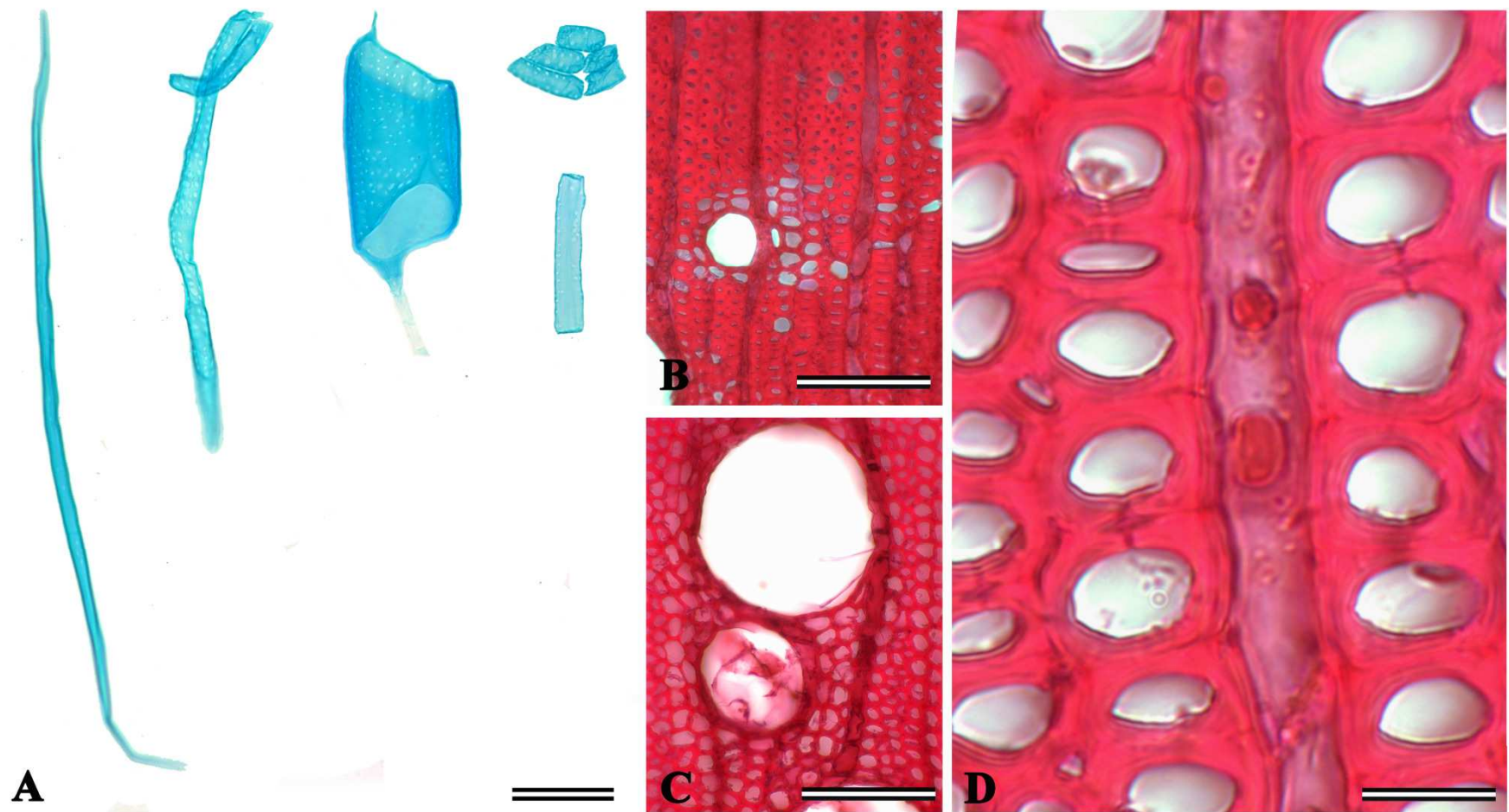
- Schweingruber, F. H. Tree rings and environment, Dendroecology, Paul Haupt, Bern, Stuttgart, Wien, 609 pp., 1996.
- Sperry, J. S., Nichols, K. L., Sullivan, J. E., Eastlack, S. E. Xylem embolism in ring-porous, diffuse-porous and coniferous trees in northern Utah and interior Alaska. *Ecology*, 75: 1736–1752, 1994.
- Sperry, J. S., Sullivan, J. E. Xylem embolism in response to freeze-thaw cycles and water stress in ring porous, diffuse porous and conifer species. *Plant Physiology*, 100: 605–613, 1992.
- Stoffel, M., Bollschweiler, M. Tree-ring analysis in natural hazards research – an overview. *Nat. Hazards Earth Syst. Sci.*, 8: 187–202, 2008.
- Tognetti, R., Longobucco, A., Raschi, A.. Vulnerability of xylem to embolism in relation to plant hydraulic resistance in *Quercus pubescens* and *Quercus ilex* co-occurring in a Mediterranean coppice stand in central Italy. *New Phytologist*, 139: 437–447, 1998.
- Tyree M. T., Sperry, J. S. Do woody plants operate near the point of catastrophic xylem dysfunction caused by dynamic water-stress – answers from a model. *Plant Physiology*, 88:574– 580, 1988.
- Tyree, M. T., Davis, S. D., Cochard, H. Biophysical perspectives of xylem evolution: is there a tradeoff of hydraulic efficiency for vulnerability to dysfunction? *IAWA Journal*, 15: 335–360, 1994.
- Tyree, M.T., F.W., Ewers. 1991. The hydraulic architecture of trees and other woody plants. *New Phytologist*, 119: 345–360, 1991.
- Villar-Salvador, P., Castro-Diez, P., Perez-Rontome, C., Montserrat-Marti, G. Stem xylem features in three *Quercus* (Fagaceae) species along a climatic gradient in NE Spain. *Trees*, 12: 90–96, 1997.
- Wilkins, A.P., Papassotiriou, S. Wood anatomical variation of *Acacia melauoxylon* in relation to latitude. *IAWA Bull.*, 10: 201-207, 1989.
- Wind, C., Arend, M., Fromm, J. Potassium-dependent cambial growth in poplar. *Plant Biology*, 6:30–37, 2004.
- Zhang, X., Deng, L., Baas P. The ecological wood anatomy of the Lilacs (*Syringaoblata* var. *giraldii*) on Mount Taibei in North-western Chiua. *IAWA Bull.*, 9: 24-30. 1988.

**Tabela 1:** Relação dos tratamentos e combinações das amostras por genótipo, clima e ambiente.

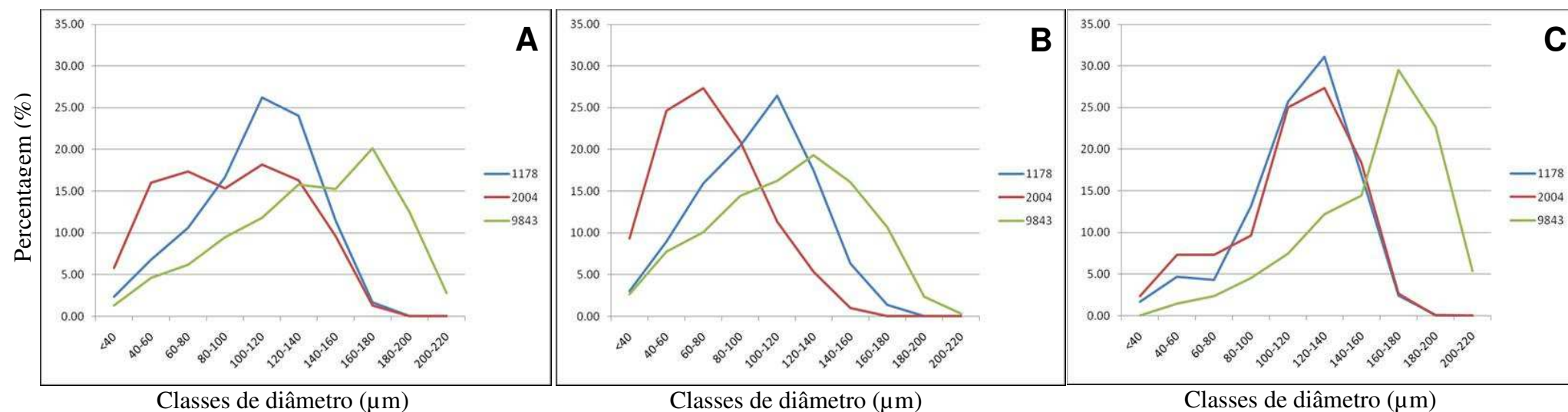
<b>Tratamento</b>	<b>Número de árvores amostradas</b>	<b>Combinações de genótipo/clima/unidade de manejo</b>
1	3	1178/4F/11B023
2	3	1178/4M/12A082
3	3	1178/4W/12X295
4	3	1178/1M/14A060
5	3	2004/4W/12A037
6	3	9843/1F/11B003
7	3	9843/4M/12B024
8	3	9843/4M/12A043



**Figura 1.** Secções transversais lenho de Eucalipto evidenciando diferentes padrões de anéis de crescimento para as seguintes combinações de clones, clima e ambiente: A- 9843/4M/12B024; B- 9843/4M/12B043; C- 2004/4W/12A037; D- 9843/1F/11B003; E- 1178/4W/12X295; F- 1178/1M/14A060; G- 1178/4F/11B023; H- 1178/4M/12A082. Escala 1mm



**Figura 2:** A - Tipos celulares observado no macerado dos lenhos de eucalipto (Barra = 100  $\mu$ m). B – Corte transversal do lenho de eucalipto evidenciando parênquima axial associado ao elemento de vaso (Barra = 100  $\mu$ m), C – Corte transversal do lenho de eucalipto evidenciando elementos de vaso, um deles apresentando tilos (Barra = 100  $\mu$ m), D – Corte transversal do lenho de eucalipto evidenciando células do raio parenquimático e pontoações areoladas em traqueídes (Barra = 25  $\mu$ m).



**Figura 3.** Distribuição dos vasos por classes de diâmetro e comprimento. A – Média por genótipo da distribuição do total de vasos; B – Média por genótipo da distribuição dos vasos do anel estival; C – Média por genótipo da distribuição dos vasos do anel primaveril. Clone 2004 -tolerante, 9843 - medianamente tolerante e 1178 - suscetível à seca de ponteiro.

**Tabela 2:** Teste de Tukey para as variáveis do lenho avaliadas a partir das combinações de genótipo/clima/ambiente e das médias agrupadas por genótipo. Os valores seguidos pela mesma letra na coluna não diferem entre si pelo teste de Tukey em nível de 5% de probabilidade.

Genótipo/clima/área	Número médio de vasos por mm <sup>2</sup>			Diâmetro médio dos vasos (µm)			Comprimento médio dos vasos (µm)	
	Total (nmvt)	Tardio (nmve)	Precoce (nmvp)	Total (dmvt)	Tardio (dmve)	Precoce (dmvp)	Total (cmv)	
<b>1178/4F/11B023</b>	14.7 ab	16.3 ab	14.8 b	101.6 bc	100.0 bc	103.2 c	235.5 d	
<b>1178/4M/12A082</b>	14.1 ab	12.9 bc	15.6 ab	102.9 bc	93.8 c	121.1 bc	260.3 cd	
<b>1178/4W/12X295</b>	17.6 a	19.0 a	18.3 a	103.5 bc	94.8 c	112.1 bc	278.7 bcd	
<b>1178/1M/14A060</b>	13.5 bc	13.3 bc	13.8 bc	116.1 b	105.0 bc	127.3 b	276.1 bcd	
<b>2004/4W/12A037</b>	13.0 bc	13.2 bc	13.3 bc	93.6 c	74.2 d	113.0 bc	283.5 bc	
<b>9843/1F/11B003</b>	7.2 d	9.5 cd	8.2 de	143.4 a	114.7 b	172.2 a	329.3 a	
<b>9843/4M/12B024</b>	6.7 d	7.6 d	7.0 e	149.4 a	134.8 a	163.9 a	290.4 abc	
<b>9843/4M/12A043</b>	10.1 cd	11.4 cd	10.6 cd	114.4 b	95.8 c	133.1 b	309.6 ab	

Genótipo/clima/área	Volume médio dos vasos (vmv/10 <sup>6</sup> )		Índice de vulnerabilidade		Índice de mesomorfia		SQDDEP/DM		SQDPCEP/DM			
			Tardio (IVE)	Precoce (IVP)	(IM)							
<b>1178/4F/11B023</b>	20.4	d	6.2	c	7.1	c	1628.3	c	3.9	d	0.0	b
<b>1178/4M/12A082</b>	23.5	cd	7.6	c	7.8	bc	1908.1	c	15.9	ab	6.8	ab
<b>1178/4W/12X295</b>	25.5	cd	5.0	c	6.2	c	1642.6	c	5.8	cd	2.6	b
<b>1178/1M/14A060</b>	31.1	bc	8.2	bc	9.3	bc	2409.1	c	10.8	bcd	2.4	b
<b>2004/4W/12A037</b>	22.3	cd	5.7	c	8.7	bc	2335.1	c	21.3	a	29.1	a
<b>9843/1F/11B003</b>	57.8	a	12.6	b	21.3	a	6546.0	a	21.5	a	15.6	ab
<b>9843/4M/12B024</b>	53.6	a	18.2	a	23.4	a	6498.6	a	8.0	bcd	2.7	b
<b>9843/4M/12A043</b>	35.0	b	8.9	bc	14.6	b	3862.3	b	14.9	abc	14.3	ab

Genótipo/clima/área	SQDDEPP*10 <sup>3</sup> /DM <sup>2</sup>	SQDPCEP*10 <sup>6</sup> /DM <sup>2</sup>	C <sup>3</sup> /(A*D)	SQDD	SQDNVEP/NM	SQDNVEP/NM <sup>2</sup>
<b>1178/4F/11B023</b>	39.1 d	0.0 b	17.7 bc	0.01 c	26.9 c	1.8 d
<b>1178/4M/12A082</b>	158.2 ab	68.4 b	27.7 bc	0.8 bc	114.3 bc	8.2 bcd
<b>1178/4W/12X295</b>	56.5 cd	25.9 b	30.3 bc	0.03 c	33.3 c	1.9 d
<b>1178/1M/14A060</b>	96.1 bcd	21.7 b	24.2 bc	0.5 bc	87.5 bc	6.3 cd
<b>2004/4W/12A037</b>	228.6 a	302.0 a	63.7 a	0.18 a	159.2 b	13.8 bcd
<b>9843/1F/11B003</b>	150.2 abc	106.4 ab	28.7 bc	0.17 a	430.6 a	60.4 a
<b>9843/4M/12B024</b>	53.4 cd	18.0 b	12.0 c	0.04 bc	186.5 b	28.2 b
<b>9843/4M/12A043</b>	132.5 abcd	129.3 ab	46.6 ab	0.11 ab	193.0 b	23.7 bc

**Condutividade hidráulica teórica**

<b>Genótipo/clima/área</b>	<b>Total (CHT*10<sup>6</sup>)</b>		<b>Tardio (CHE*10<sup>6</sup>)</b>		<b>Precoce (CHP*10<sup>6</sup>)</b>		<b>CHSQ</b>	
<b>1178/4F/11B023</b>	2.7	b	2.6	bcd	0.0000028	b	0.1	c
<b>1178/4M/12A082</b>	3.2	b	2.0	cd	0.0000053	b	1.4	bc
<b>1178/4W/12X295</b>	2.7	b	2.0	cd	0.0000039	b	0.5	c
<b>1178/1M/14A060</b>	4.6	b	3.3	bc	0.0000065	b	0.8	bc
<b>2004/4W/12A037</b>	1.9	b	0.7	d	0.0000041	b	3.7	a
<b>9843/1F/11B003</b>	10.6	a	4.3	b	0.0000220	a	3.4	a
<b>9843/4M/12B024</b>	12.3	a	8.2	a	0.0000179	a	0.6	bc
<b>9843/4M/12A043</b>	4.8	b	2.2	cd	0.0000095	b	2.2	ab

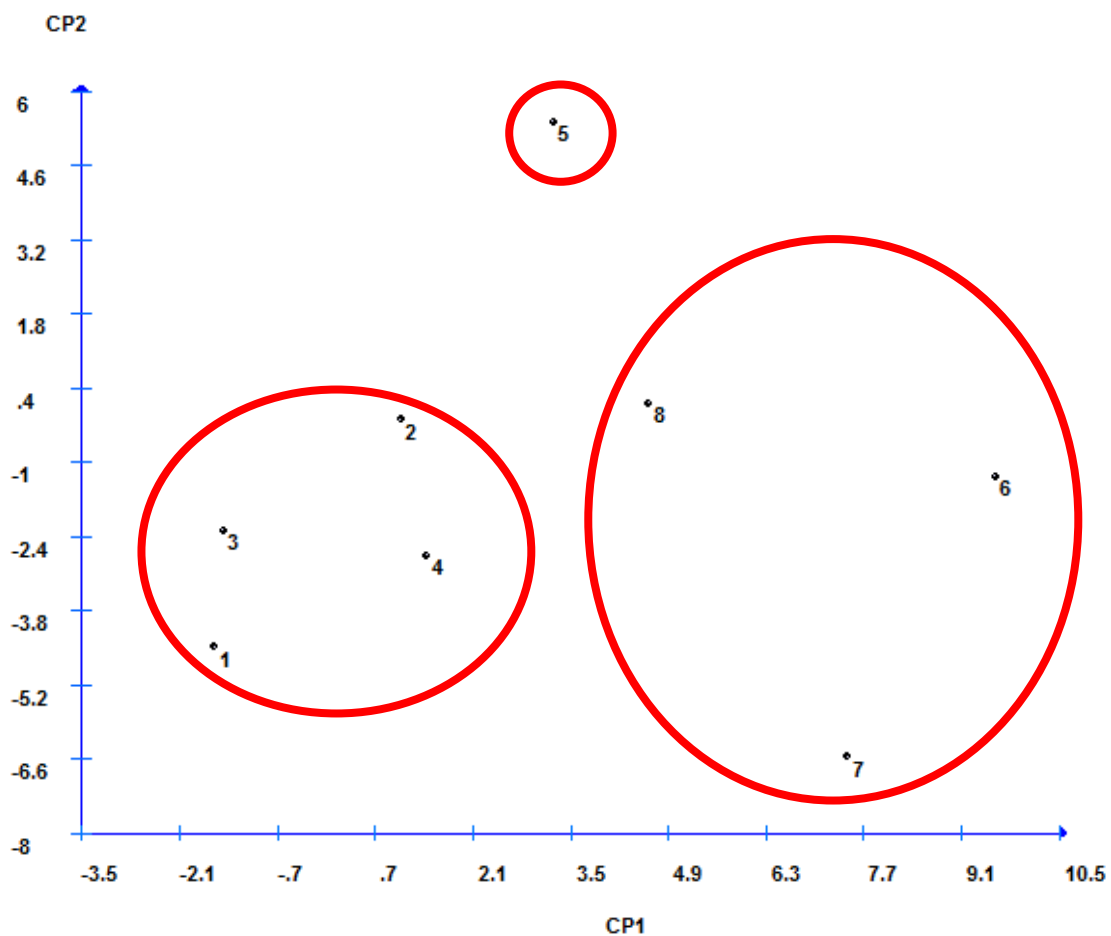
**Tabela 3:** Variáveis que apresentaram diferença significativa entre os contrastes pelo teste de Scheffé, em nível de 5% de probabilidade, considerando o ambiente e genótipos.

<b>AMBIENTE</b>			
<b>Variável</b>	<b>*C=Y1-Y2</b>	<b>S<sup>2</sup></b>	<b>DMS</b>
<b>vmv/100000</b>	15.23	8.9482	12.8837 *
<b>IM</b>	2148.3467	213984.5935	1992.3389 *

\* Y1 = (T 1 + T 6) / 2 e Y2 = (T 3 + T 5) / 2

<b>GENÓTIPOS</b>			
<b>Variável</b>	<b>*C=Y1-Y2</b>	<b>S<sup>2</sup></b>	<b>DMS</b>
<b>nmvt</b>	5.7058	.7118	3.6337 *
<b>nmve</b>	4.9733	.742	3.7099 *
<b>nmvp</b>	5.8275	.5947	3.3213 *
<b>dmvt</b>	-19.1625	16.3788	17.4306 *
<b>dmvp</b>	-29.5992	23.8294	21.0246 *
<b>vmv/100000</b>	-17.04	4.4741	9.1101 *
<b>IVE</b>	-4.6	9833	4.2708 *
<b>IVP</b>	-9.4283	2.3562	6.6111 *
<b>IM</b>	-2888.489	106992.2967	1408.7963 *
<b>SQDD</b>	-.085	.0003	.0759 *
<b>SQDNVEP/NM</b>	-176.8192	742.9768	117.3977 *
<b>SQDNVEP/NM2</b>	-26.9767	21.3708	19.9105 *
<b>CHSq</b>	-1.785	.1273	1.537 *
<b>CHT*1000000</b>	-4.0917	.5547	3.2076 *
<b>CHP*1000000</b>	-8.7683	2.3348	6.5811 *

\*Y1 = (T 1 + T 2 + T 3 + T 4) / 4 e Y2 = (T 5 + T 6 + T 7 + T 8) / 4



**Figura 4.** Dispersão gráfica com base nos componentes principais obtidos a partir das variáveis do lenho de eucalipto. Os números correspondem aos tratamentos, apresentado na Tabela 1.

## Capítulo 2

### Caracterização anatômica dos lenhos precoce e tardio associados à tolerância à seca de ponteiros em *Eucalyptus*

#### Resumo

Foram avaliadas amostras do lenho precoce e tardio de vinte e uma combinações de genótipo e ambiente por meio de macerado, visando associar as dimensões dos elementos de vaso e sua distribuição nos anéis de crescimento com a tolerância à seca de ponteiros de eucalipto. Houve um efeito significativo de genótipo e ambiente, sendo que nenhuma das variáveis avaliadas permitiu a discriminação dos genótipos tolerante e médio tolerante do suscetível. Do mesmo modo, considerando a diferença significativa para o comprimento e diâmetro dos elementos de vaso no anel tardio, não se observou um padrão quanto à disponibilidade de água associada à precipitação anual. Mediante a análise da distância euclidiana para o comprimento médio dos elementos de vaso no anel precoce entre os ambientes, verificou-se que a comparação entre os ambientes com menor precipitação resultou em um agrupamento coerente entre o genótipo tolerante e médio tolerante, isolados do suscetível. A análise de componentes principais também não possibilitou a discriminação dos genótipos divergentes quanto à tolerância à seca de ponteiros.

## **Abstract**

Early and latewood samples of twenty-one combinations of genotype and environment were evaluated. Wood samples were evaluated in order to associate the characteristics of wood anatomy with eucalyptus dieback tolerance. There was a significant effect of genotype and environment, and none of the evaluated variables allowed the discrimination of genotypes tolerant and tolerant of medium of the susceptible. Similarly, considering the significant difference in the length and diameter of vessel elements in the ring late, there was no pattern as to the availability of water associated with annual rainfall. The analysis of the Euclidean distance to the average length of vessel elements in the ring early between environments, it was found that the comparison between the environments with lesser precipitation resulted in a coherent grouping between genotype and mean tolerant tolerant isolates susceptible. The principal component analysis also did not allow discrimination of genotypes differing in tolerance to drought pointers.

## Introdução

Relatos de plantas de eucalipto apresentando morte apical de ramos, em particular, durante o período de seca prolongada foram observados desde a década de 70 (Ferreira, 1989, Maschio 1997, Maschio 2000). Esta patologia foi denominada de seca de ponteiros e resulta em perda significativa de produção (Oliva *et al.* 1989). Esta enfermidade supostamente é estimulada por fatores abióticos e bióticos, como disponibilidade de água e microrganismos (Alfenas *et al.* 2004). A manifestação dos sintomas é diferenciada em distintos materiais genéticos, sugerindo que o único método de controle é a produção de plantas resistentes e clonagem, como a *Eucalyptus grandis* (Ferreira 1989).

Sabe-se que a atividade do câmbio vascular pode ser influenciada por uma combinação de fatores ambientais, de forma que o arranjo e características do lenho formado podem estar relacionados à suscetibilidade ou tolerância à seca de ponteiros. Estudos preliminares das características do lenho de eucalipto indicam a possibilidade de agrupamento de genótipos de acordo com sua tolerância a este distúrbio (Capítulo 1).

Vários são os fatores que podem estar associados à tolerância à seca de ponteiros, sendo o estresse hídrico um deles. Contudo, não foram verificados trabalhos associando características da madeira com a tolerância a esta patologia. Para muitos gêneros e espécies de plantas, o diâmetro e o comprimento do elemento de vaso decrescem, enquanto a frequência dos vasos aumenta de acordo com o decréscimo da disponibilidade de água (Carlquist 1975, Baas e Schweingruber 1987, Vander Walt *et al.* 1988, Zhang *et al.* 1988, Wilkins e Papassotiriou 1989, February 1993).

Considerando que a estrutura da madeira apresenta um registro da atividade cambial e do processo de diferenciação celular em condições de maior e menor estresse ambiental, espera-se ser possível que com o estudo do lenho seja possível uma estimativa da plasticidade fenotípica dos clones avaliados. Neste contexto, este trabalho tem por objetivos: avaliar características dos elementos de vaso e sua distribuição no lenho inicial e tardio de genótipos contrastantes de eucalipto quanto à ocorrência da seca de ponteiros; buscar relações que permitam identificar marcadores associados à tolerância a esta patologia; levantar variáveis que permitam a avaliação dos genótipos de maneira mais rápida e menos onerosa.

## Material e métodos

### *Material vegetal, coleta de amostras e delineamento experimental*

Amostras do lenho de sete clones comerciais de eucalipto (1178, 2004, 9843, 9318, 9882, 1106 e 6021) das áreas de plantio da Suzano Papel e Celulose S. A. foram coletadas em áreas que apresentavam diferenças quanto ao regime pluviométrico. As regiões amostradas apresentam regimes pluviométricos correspondentes a regiões secas com <1.100 mm/ano (W), regiões intermediárias, com 1.100 a 1500 mm/ano (M) e regiões chuvosas com >1.500 mm/ano (F). (Tabela 1).

As amostras, que consistiram de toretes de 0,5 m de comprimento retirados no DAP (1,3 m), foram enviadas ao Laboratório de Propriedades da Madeira/DEF/UFV onde foram processadas. Os toretes foram subamostrados em seções transversais do lenho de 5 cm de espessura (Figura 1A) a partir do qual foram retirados os corpos de prova com os anéis precoce e tardio (Figura 1B) para preparo de macerados (Figura 1C).

A amostragem foi composta por três árvores de cada uma das combinações de genótipo e regimes pluviométrico amostrados. Cada uma das combinações foi considerada um tratamento para efeito de análise estatística.

Dentre os genótipos amostrados, os clones 1178, 2004 e 9843, representam clones contrastantes quanto à tolerância à seca de ponteiro. Estes clones foram eleitos como ideótipos com base nas observações de campo nas áreas de produção da empresa. O genótipo 2004 não apresenta seca de ponteiros, enquanto os clones 9843 e 1178 apresentam 10,7% e 66,4% de ocorrência no total da área monitorada propensa a ocorrência desta patologia, respectivamente. Para os demais clones, as características quanto à tolerância à seca de ponteiros estão sendo avaliadas dentro das áreas de plantios. A avaliação concomitante de outros clones teve por objetivo a verificação da possibilidade de agrupamento dos genótipos de acordo com a tolerância ou suscetibilidade à seca de ponteiros.

As combinações de genótipo e ambiente foram conduzidas e analisadas em delineamento inteiramente casualizado, sendo a avaliação do material, realizada com base na análise estatística das variáveis quantitativas observadas nos lenhos precoce e tardio, submetidas ao teste de Tukey em nível de 5% de probabilidade (Software Genes, Cruz, 2001). Os dados obtidos foram submetidos à técnica multivariada de componentes

principais, que permite a obtenção de um número reduzido de variáveis abstratas e independentes visando a representar em ordem de estimação o máximo da variação total contida nas variáveis originais. Adicionalmente, a Análise de Dispersão Gráfica a partir dos escores dos primeiros componentes principais. Estes procedimentos visam o agrupamento e discriminação dos genótipos, dependentemente ou não dos ambientes amostrados, de acordo com a característica de tolerância à seca de ponteiros.

#### *Análise anatômica do lenho*

O macerado foi obtido pelo Método de Nicholls e Dadswell, onde pequenos fragmentos dos anéis de crescimento inicial e tardio foram retirados e mantidos em solução de ácido acético glacial e peróxido de hidrogênio (1:1), de modo a solução macerante cobrir todas as amostras. O material em tratamento foi mantido em tubos de ensaio em estufa a 60°C por três dias, posteriormente lavado em água corrente. O macerado foi corado com azul de Astra, submetido à série alcoólica e xilólica conforme procedimento realizado para os cortes transversais e as lâminas montadas em resina sintética (Permout).

Toda a documentação fotográfica do laminário foi realizada em microscópio (Olympus AX70) equipado com AxionCamHRc (Zeiss, Alemanha). Para a análise das dimensões foram amostrados 50 células de forma aleatória para medida do comprimento e diâmetro dos elementos de vaso, utilizando-se o software Image Pro-Plus, versão 4.1 para Windows (Media Cybernetics, silver Spring, MD, USA). As demais variáveis são derivadas das dimensões dos elementos de vaso ou de sua distribuição nos anéis de crescimento de acordo com classes de diâmetro ou comprimento.

#### *Variáveis avaliadas*

Foram observadas as dimensões e distribuição dos elementos de vaso por classe de diâmetro e comprimento nos anéis precoce e tardio presentes nas combinações de genótipo e clima. As variáveis quantitativas avaliadas foram: diâmetro médio de vasos no anel estival (dmve) e no anel primaveril (dmvp), comprimento médio dos vasos no anel estival (cmve) e primaveril (cmvp), relação do diâmetro pelo comprimento dos vasos do anel estival (rd/cE), relação do diâmetro pelo comprimento dos vasos do anel primaveril (rd/cP), soma de quadrados dos desvios do diâmetro (SQDD), soma de

quadrados dos desvios do comprimento médio (SQDCM), soma de quadrados dos desvios do diâmetro médio (SQDDM), soma de quadrados da diferença da condutividade hidráulica teórica entre os anéis precoce e tardio (SQDH) e a razão entre comprimento elevado à terceira potência pelo produto da área em sessão transversal e o diâmetro do elemento de vaso ( $C^3/(A*D)$ ).

Os dados foram submetidos aos testes de homogeneidade de variância e distribuição normal, após os quais foi realizada a análise de variância e o teste de Tukey em nível de 5% de probabilidade. A análise de variância demonstrou efeitos significativos de genótipo e de ambiente para as variáveis avaliadas e ausência de interação entre repetição e genótipo e entre genótipo e ambiente (Anexo I).

## **Resultados**

Apesar do efeito significativo de genótipo e ambiente, nenhuma das variáveis avaliadas permitiu a discriminação dos genótipos tolerante e médio tolerante do suscetível. Do mesmo modo, considerando a diferença significativa para o comprimento e diâmetro dos elementos de vaso no anel tardio, não se observou um padrão quanto à disponibilidade de água associada à precipitação anual. As demais variáveis não apresentaram diferença significativa.

Ao se analisar a distância euclidiana para o comprimento médio dos elementos de vaso no anel precoce entre os ambientes, verificou-se que a comparação entre os ambientes com menor precipitação resultou em um agrupamento coerente entre o genótipo tolerante e médio tolerante (Figura 2A), isolados do suscetível. As demais combinações de ambiente não permitiram este agrupamento (Figuras 2B e 2C).

A análise de componentes principais também não possibilitou a discriminação dos genótipos divergentes quanto à tolerância à seca de ponteiros (Figura 3).

## **Discussão**

Neste trabalho, o comprimento médio dos vasos foi significativamente maior para o ambiente de menor disponibilidade de água em comparação ao de

disponibilidade intermediária, corroborando com estudos dendroecológicos realizados em carvalhos (Knigge e Schulz 1961, Corcuera *et al.* 2004).

A formação da madeira é um processo dinâmico que é fortemente afetado por condições ambientais, incluindo disponibilidade de nutrientes (Dünisch e Bauch 1994, Puech *et al.* 2000, Wind *et al.* 2004), concentração de CO<sub>2</sub> atmosférico (Luo *et al.* 2005), e fatores climáticos (Antonova e Stasova 1997, Villar-Salvador *et al.* 1997, Deslauriers e Morin 2005, Rossi *et al.* 2006). A seca pode afetar o crescimento da madeira, diretamente, afetando as células cambiais e suas derivadas, ou, indiretamente, na fotossíntese e translocação de assimilados (Denne e Dodd 1981).

Comprimento do elemento de vaso tem sido considerado por Baas *et al.* (1983) como um indicador sensível de condições ecológicas de um dado táxon. Vasos estreitos são positivamente correlacionados com xeromorfismo em alguns grupos de dicotiledôneas (Carlquist 1966). Fichot *et al.* (2009) observaram para *Populus* que, em condições de déficit hídrico, altos valores de diâmetro e baixos valores de densidade de vasos estavam associados a um alto nível de tolerância.

Considerando a influência do ambiente sobre a atividade cambial esperava-se ser possível prever o comportamento dos clones com base na comparação com as características de genótipos divergentes quanto à tolerância à seca de ponteiros. Esta ideia é fundamentada em um estudo anterior que mostrou ser possível agrupar os clones conduzidos em diferentes ambientes de acordo com a tolerância a esta patologia com base nas características do lenho (Capítulo 1).

Visando validar esta possibilidade, bem como definir uma metodologia e variáveis que permitissem esta avaliação de forma mais rápida e menos onerosa, as dimensões, distribuição dos elementos de vaso e a diferença da condutividade hidráulica teórica estimada foram avaliadas neste estudo.

Os clones diferiram entre si quanto ao diâmetro, comprimento, relação comprimento diâmetro e razão entre estas variáveis. Apesar de diferenças significativas para genótipo e ambiente, a discriminação dos genótipos tolerante, médio tolerante e suscetível não foi possível.

Fichot *et al.* (2009) observaram interações significativas entre o genótipo e os tratamentos de regime de irrigação contrastantes para híbridos de *Populus deltoides* e *P. nigra*. Foram observados dois grupos de genótipos, um em que as variáveis responderam significativamente e outro em que elas não responderam de forma

significativa aos tratamentos. Em condições de déficit hídrico, altos valores de diâmetro de vasos e baixos valores de densidade de vasos estavam associados a um alto nível de tolerância.

Considerando as diferenças significativas (Tabela 2), é possível que as variáveis avaliadas estejam associadas a outras características dos clones. Do mesmo modo que foi observado para a diferenciação dos elementos de vaso, Alves (2011) verificou que a produção volumétrica e ocorrência de seca de ponteiros em eucalipto não estão relacionadas.

A possibilidade de agrupamento dos genótipos quanto à tolerância à seca de ponteiros levantada anteriormente (Captitulo 1) pode ter sido comprometida por uma imprecisão experimental, visto a indisponibilidade de todas as combinações de genótipo ambiente para análise. Por outro lado, no presente estudo, não foi possível utilizar exatamente as mesmas variáveis, tão pouco a mesma região foi amostrada.

Para efetiva comprovação desta relação e predição da tolerância à seca de ponteiros, as condições experimentais quanto às variáveis utilizadas e padronização da coleta de amostras devem ser respeitadas. Isto se justifica pela alterações anatômicas da madeira e aumento da densidade básica, índice de vulnerabilidade e mesomorfia de regiões do xilema a partir da medula em direção à casca como observado em *Pittosporum unulatum* (Longui *et al.* 2011).

Outra questão a ser levantada é que a seca de ponteiros é caracterizada pela seca de ápices de galhos e ramos da haste principal e da incidência de lesões ou minicancros nas inserções dos ramos e folhas (Alfenas *et al.* 2004). Assim, é coerente assumir que, se a seca de ponteiros é favorecida por uma condição de estresse hídrico (Ferreira 1989, Mattiello *et al.* 2009), a região mais apical da árvore deverá refletir melhor as condições que venham a favorecer este distúrbio.

Estes dados estão de acordo com as observações de extrusão de células em ambas faces da epiderme de folhas e de caules de mudas do genótipo suscetível, após tratamento de estresse hídrico, enquanto ausente ou com perfil diferente no tolerante e médio tolerante (Comunicação social).

A ausência de diferença significativa ou falta de um padrão para as diferenças de acordo com o ambiente vão de encontro à expectativa de redução do comprimento e diâmetro dos elementos de vaso com o decréscimo da disponibilidade de água (Carlquist, 1975; Baas e Schweingruber, 1987; Vander Walt *et al.*, 1988; Zhang *et al.*,

1988; Wilkins e Papassotiriou, 1989; February, 1993). Se as condições ou amostras não refletem a variação esperada para os dados genótipos ou ambiente, as análises podem também não refletir o agrupamento desejado. Assim, o lenho de eucalipto avaliado ao DAP, como no presente trabalho, pode apresentar características ou distribuição dos elementos de vaso diferentes do lenho a 75% da altura comercial, conforme na avaliação anterior (Capítulo 1).

Considerando a complexidade deste distúrbio fisiológico (Ferreira 1989, Alfenas *et al.* 2004, Jurskis 2005, Alves 2011), fatores não considerados como o solo, distribuição das chuvas, dentre outros, podem influenciar a tolerância à seca de ponteiros. A distribuição das chuvas ou disponibilidade de água ao longo do ano é outro fator a ser considerado.

Fichot *et al.* (2009) observaram que na ausência de déficit hídrico, não foram detectadas correlações significativas entre as características do xilema secundário do caule de *Populus*, descartando a possibilidade do uso de características anatômicas simples como critérios para a seleção de tolerância a déficit hídrico moderado. No presente trabalho, exceto pelo diâmetro e comprimento dos vasos no anel tardio, não foram observadas diferenças significativas entre as variáveis, o que pode ser atribuído a um menor estresse hídrico nas áreas amostradas. O mesmo é válido para a discordância da expectativa de redução do diâmetro e comprimento dos elementos de vaso com a redução da disponibilidade de água.

## **Conclusões**

Considerando as questões de amostragem, características avaliadas e delineamento, a diferença entre os resultados do estudo preliminar e do presente estudo não inviabilizam a hipótese de associação de características do lenho associado à tolerância à seca de ponteiros. Apesar das diferenças estatísticas entre os genótipos e ambientes avaliados não permitir o agrupamento quanto a tolerância a esta patologia, elas evidenciam diferenças entre os genótipos que podem ser interessantes para outros objetivos dentro de um programa de melhoramento.

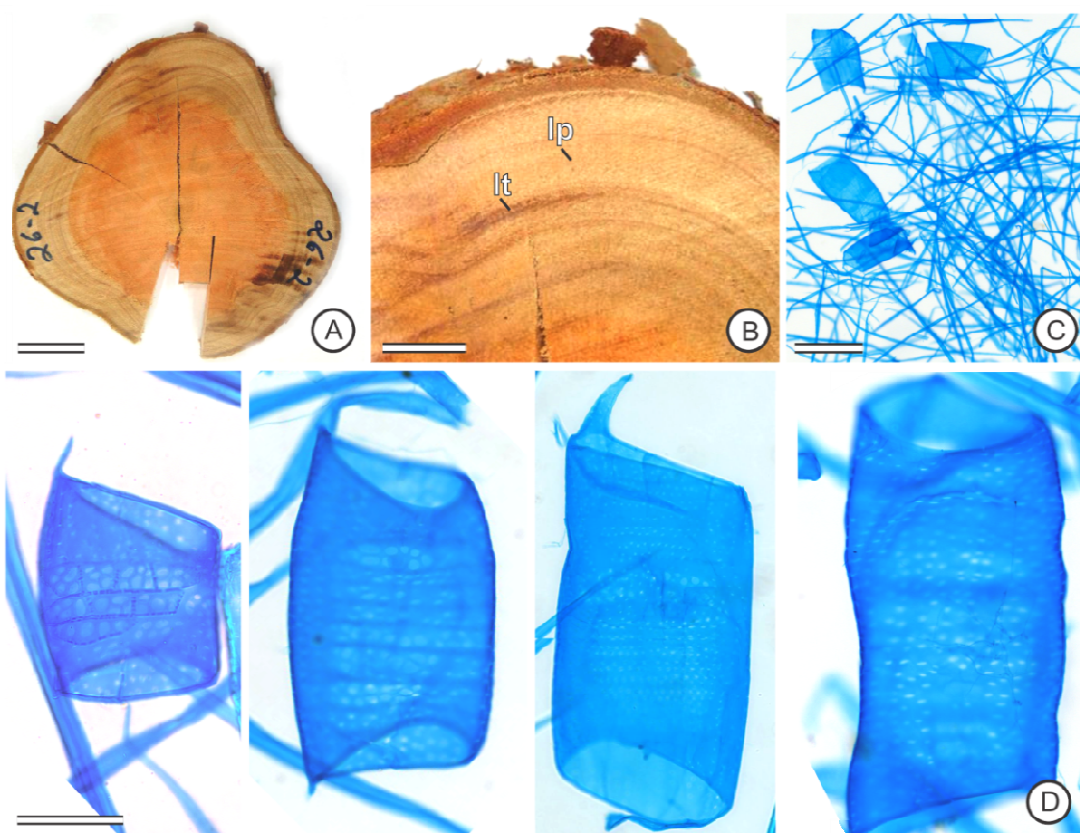
## Referências bibliográficas

- Alfenas, A. C., Zauza, E. A. V., Mafia, R. G., Assis, T. F. Clonagem e Doenças do Eucalipto. Viçosa: UFV, 442 p., Editora UFV, 2004.
- Al-Khalifah, N.S., Khan, P. R., Al-Abdulkader, A. M., Nasroun T. Impact of water stress on the sapwood anatomy and Functional morphology of *Calligonum comosum*. IAWA Journal, 27 (3): 299-312, 2006.
- Alves, F. F. Seca de ponteiros e crescimento de clones de eucalipto em diferentes doses de adubação. Dissertação de Mestrado, UFV, Viçosa, MG, 48 p., 2011.
- Baas, P., Schweingruber, F. H. Ecological trends in the wood anatomy of trees, shrubs and climbers from Europe. IAWA Bull., 8: 245 -274, 1987.
- Carlquist, S. Ecological strategies of xylem evolution. University of California Press. Berkeley and Los Angeles. 259 pp, 1975.
- Corcuera, L., Camarero, J.J., Gil-Pelegrin, E. Effects of a severe drought on *Quercus ilex* radial growth and xylem anatomy. Trees, 18:83-92, 2004.
- Cruz, C. D. Programa Genes: aplicativo computacional em genética e estatística. Editora UFV, Viçosa, 648p., 2001.
- February, E. C. Sensitivity of xylem vessel size and frequency to rain fall and temperature: implications for palaeontology. Palaeontologia Africana 30: 91-95, 1993.
- Ferreira, f. A. Patologia Florestal: principais doenças florestais no Brasil. Viçosa, MG: SIF, 1989, 570p.
- Fichot, R. Laurans, F., Monclus, R., Moreau, A., Pilate, G. Brignolas, F. Xylem anatomy correlates with gas exchange, water-use efficiency and growth performance under contrasting water regimes: evidence from *Populus deltoids* *Populus nigra* hybrids Tree Physiology, doi:10.1093/treephys/tpp087.
- Jurskis, V. Eucalypt decline in Australia, and a general concept of tree decline and dieback. Forest Ecology and Management 215: 1-20, 2005.
- Longui., E. L., Romeiro. D., Silva, M. T. , Ribeiro, A., Gouveia, T. C., Lima, I. L., Florsheim, S. M. B. Caracterização do lenho e variação radial de *Pittosporum undulatum* Vent. (pau-incenso). Hoehnea 38(1): 37-50, 2011.

- Luo, Z. B., Heyser, R. L., Calfapietra, C. Polle, A. Influence of free air CO<sub>2</sub> enrichment (EUROFACE) and nitrogen fertilization on the anatomy of juvenile wood of three poplar species after coppicing. *Trees*, 19: 109-118, 2005.
- Maschio, L. M. A., Andrade, F. M., Celso G. Auer, C. G. Contribuição de fatores climáticos na ocorrência da seca de ponteiros de *Eucalyptus grandis* em Arapoti-Pr. *Boletim de Pesquisa Florestal*, Colombo, n. 41, p.55-63, 2000.
- Maschio, L. M. de A., Ferreira, C. A., Auer, C. G., Grigeletti Júnior, A., Wiecheteck, M. B., Nardelli, A. M. B., Bernardi, C. A. Descrição de uma anomalia ocorrida em *Eucalyptus grandis* na região de Arapoti-Pr, Brasil. Parte do *Boletim de Pesquisa Florestal*, Colombo, n.32/33, p.85-87, 1996.
- Mattiello E. M. Ruiz, H. A., Silva I. R., Barros, N. F., Neves, J. C. L., Behling, M. Transporte de boro no solo e sua absorção por eucalipto. *Revista Brasileira de Ciência do Solo*, Viçosa, 33: 1281-1290, 2009.
- Oliva, M. A., Barros, N. F., Gomes, M. M. S., Lopes, N. F. “Seca de ponteiros” em *Eucalyptus camaldulensis* Dehn. Em relação a estresse hídrico e nutrição mineral. *Revista Árvore*, 13(1): 19-33, 1989.
- Rossi, S., Deslauriers, A., Anfodillo, T., Morin, H., Saracino, A., Motta, R., Borghetti, M. Conifers in cold environments synchronize maximum growth rate of tree-ring formation with day length. *New Phytologist*, 170:301-310, 2006.
- Vander Willigen, C., Pammenter N. W. Relationship between growth and xylem hydraulic characteristics of clones of *Eucalyptus* spp. at contrasting sites. *Tree Physiol.* 18: 595–600, 1998.
- Villar-Salvador, P., Castro-Diez, P., Perez-Rontome, C., Montserrat-Marti, G. Stem xylem features in three *Quercus* (Fagaceae) species along a climatic gradient in NE Spain. *Trees*, 12: 90-96, 1997.
- Zhang, X., Deng, L., Baas P. The ecological wood anatomy of the Lilacs (*Syringaoblata* var. *giraldii*) on Mount Taibei in North-western Chiua. *IAWA Bull.*, 9: 24-30, 1988.
- Wilkins, A.P., Papassotiriou, S. Wood anatomical variation of *Acacia melauoxylon* in relation to latitude. *IAWA Bull.*, 10: 201-207, 1989.
- Wind, C., Arend, M., Fromm, J. Potassium-dependent cambial growth in poplar. *Plant Biology*, 6:30-37, 2004.

**Tabela 1.** Relação dos clones e ambientes amostrados. (-) dado indisponível.

	<b>Genótipos</b>	<b>Ambiente</b>	<b>Amostras</b>	<b>Característica</b>
<b>1</b>	1178	F	3	suscetível
<b>2</b>	1178	M	3	suscetível
<b>3</b>	1178	W	3	suscetível
<b>4</b>	2004	F	3	tolerante
<b>5</b>	2004	M	3	tolerante
<b>6</b>	2004	W	3	tolerante
<b>7</b>	9318	F	3	-
<b>8</b>	9318	M	3	-
<b>9</b>	9318	W	3	-
<b>10</b>	9843	F	3	Médio tolerante
<b>11</b>	9843	M	3	Médio tolerante
<b>12</b>	9843	W	3	Médio tolerante
<b>13</b>	9882	F	3	-
<b>14</b>	9882	M	3	-
<b>15</b>	9882	W	3	-
<b>16</b>	1106	F	3	-
<b>17</b>	1106	M	3	-
<b>18</b>	1106	W	3	-
<b>19</b>	6021	F	3	-
<b>20</b>	6021	M	3	-
<b>21</b>	6021	W	3	-



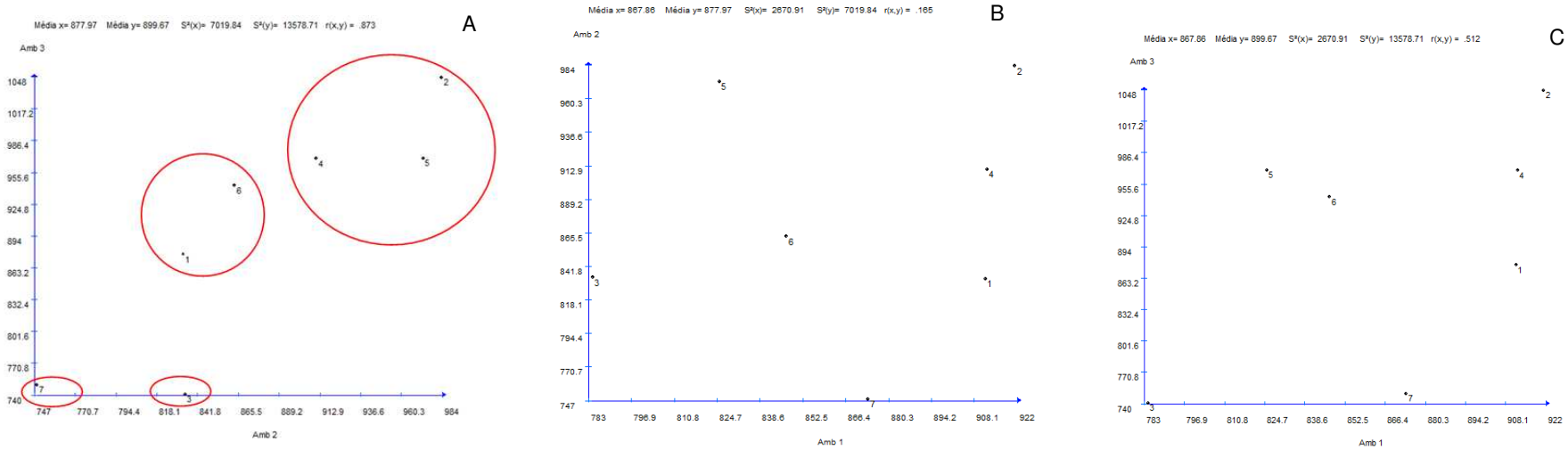
**Figura 1.** A-B – Toretos de clones comerciais de eucalipto. C-D – Macerado. A – Amostragem do lenho. B – Lenho precoce e tardio. C – Amostra de macerado. D – Variedades de tamanhos de elementos de vaso.

**Tabela 2.** Teste de Tukey para as variáveis do lenho avaliadas a partir dos genótipos. Os valores seguidos pela mesma letra na coluna não diferem entre si pelo teste de Tukey em nível de 5% de probabilidade.

Genótipo	CM		DM		SQDC	SQDD	SQDC/M	SQDD/M	RC/DI	RC/DT	SQCH	C <sup>3</sup> /(A*D)
	Precoce	tardio	Precoce	tardio								
<b>1178</b>	874 ab	837 abc	318 c	303 b	101 a	151 a	0.12 a	0.49 a	2.79 a	2.79 ab	0.53 a	28.4 ab
<b>2004</b>	984 a	927 a	342 bc	331 b	124 a	150 a	0.13 a	0.45 ab	2.91 a	2.85 a	0.9 a	31.1 a
<b>9318</b>	787 b	769 bc	380 ab	337 b	124 a	137 a	0.16 a	0.44 ab	2.1 c	2.3 bc	0.69 a	16.2 bc
<b>9843</b>	931 a	935 a	412 a	437 a	101 a	101 a	0.11 a	0.38 ab	2.27 bc	2.17 c	0.37 a	13.8 c
<b>9882</b>	922 a	920 a	360 abc	357 b	124 a	122 a	0.14 a	0.24 ab	2.57 ab	2.59 abc	0.08 a	22.9 abc
<b>1106</b>	884 ab	864 ab	384 ab	365 b	115 a	154 a	0.13 a	0.41 ab	2.34 bc	2.4 abc	0.37 a	19.1 abc
<b>6021</b>	791 b	753 c	409 a	341 b	135 a	166 a	0.18 a	0.45 b	1.94 c	2.24 c	1.26 a	15.3 bc

**Tabela 3.** Teste de Tukey para as variáveis do lenho avaliadas a partir dos ambientes. Os valores seguidos pela mesma letra na coluna não diferem entre si pelo teste de Tukey em nível de 5% de probabilidade.

Ambiente	CM		DM		SQDC	SQDD	SQDC/M	SQDD/M	RC/DI	RC/DT	SQCH	C <sup>3</sup> /(A*D)
	Precoce	tardio	precoce	tardio								
<b>F</b>	868 a	858 ab	370 a	362 ab	110 a	150 a	0.13 a	0.41 a	2.38 a	2.39 a	0.46 a	18.2 a
<b>M</b>	878 a	830 b	368 a	332 b	136 a	133 a	0.16 a	0.39 a	2.43 a	2.57 a	0.61 a	24 a
<b>W</b>	900 a	886 a	378 a	364 a	107 a	137 a	0.12 a	0.39 a	2.43 a	2.47 a	0.74 a	20.7 a



**Figura 2.** Distância euclidiana para o comprimento médio dos elementos de vaso no anel precoce entre os ambientes. 2A -Distância Euclidiana entre os ambientes 3 e 2. 2B - Distância Euclidiana entre os ambientes 2 e 1. 2C - Distância Euclidiana entre os ambientes 3 e 1. Amb.1: Ambiente F; Amb. 2: Ambiente M; Amb.3: Ambiente W.

## Anexo I

### Análise de variância de comprimento médio inicial

<b>FV</b>	<b>GL</b>	<b>SQ</b>	<b>QM</b>	<b>F</b>	<b>Probab</b>
<b>REP /AMB</b>	6	35840.08597	5973.34766	0.91597	1.0
<b>GEN</b>	6	287624.15906	47937.35984	7.35088	0.00004 **
<b>AMB</b>	2	11094.67196	5547.33598	0.85065	1.0
<b>GEN x AMB</b>	12	131226.26736	10935.52228	1.67689	0.1139
<b>Resíduo</b>	36	234767.12772	6521.3091		
<b>Total</b>	62	700552.31207	11299.23084		
<b>Média</b>	881.84				
<b>CV(%)</b>	9.16				

### Análise de variância de comprimento médio tardio

<b>FV</b>	<b>GL</b>	<b>SQ</b>	<b>QM</b>	<b>F</b>	<b>Probab</b>
<b>REP /AMB</b>	6	24415.88518	4069.3142	0.88869	1.0
<b>GEN</b>	6	305761.13795	50960.18966	11.12905	0.0
<b>AMB</b>	2	32879.53865	16439.76932	3.59023	0.03787 *
<b>GEN x AMB</b>	12	101571.28035	8464.27336	1.84849	0.07677
<b>Resíduo</b>	36	164844.87926	4579.02442		
<b>Total</b>	62	629472.72139	10152.78583		
<b>Média</b>	857.96				
<b>CV(%)</b>	7.88				

### Análise de variância de comprimento médio inicial

<b>FV</b>	<b>GL</b>	<b>SQ</b>	<b>QM</b>	<b>F</b>	<b>Probab</b>
<b>REP /AMB</b>	6	8758.00558	1459.6676	0.92874	1.0
<b>GEN</b>	6	64752.47582	10792.0793	6.86667	0.00006 **
<b>AMB</b>	2	1232.91998	616.45999	0.39223	1.0
<b>GEN x AMB</b>	12	30469.57417	2539.13118	1.61557	.13089
<b>Resíduo</b>	36	56579.77841	1571.66051		
<b>Total</b>	62	161792.75395	2609.56055		
<b>Média</b>	372.07				
<b>CV(%)</b>	10.65				

Análise de variância de comprimento médio tardio

<b>FV</b>	<b>GL</b>	<b>SQ</b>	<b>QM</b>	<b>F</b>	<b>Probab</b>
<b>REP /AMB</b>	6	9477.845	1579.64083	0.86729	1.0
<b>GEN</b>	6	96198.42775	16033.07129	8.80288	0.0 **
<b>AMB</b>	2	13966.60191	6983.30096	3.83415	0.03093**
<b>GEN x AMB</b>	12	20273.55522	1689.46294	0.92759	1.0
<b>Resíduo</b>	36	65568.36918	1821.34359		
<b>Total</b>	62	205484.79907	3314.27095		
<b>Média</b>	352.87				
<b>CV(%)</b>	12.09				

Análise de variância SQDC

<b>FV</b>	<b>GL</b>	<b>SQ</b>	<b>QM</b>	<b>F</b>	<b>Probab</b>
<b>REP /AMB</b>	6	10874.28571	1812.38095	0.79521	1.0
<b>GEN</b>	6	8890.53968	1481.75661	0.65014	1.0
<b>AMB</b>	2	10906.79365	5453.39683	2.39276	0.10576
<b>GEN x AMB</b>	12	21569.65079	1797.4709	0.78867	1.0
<b>Resíduo</b>	36	82048.38095	2279.12169		
<b>Total</b>	62	134289.65079	2165.96211		
<b>Média</b>	117.68				
<b>CV(%)</b>	40.57				

Análise de variância SQDD

<b>FV</b>	<b>GL</b>	<b>SQ</b>	<b>QM</b>	<b>F</b>	<b>Probab</b>
<b>REP /AMB</b>	6	25227.80952	4204.63492	1.48954	0.2096
<b>GEN</b>	6	26236.8254	4372.80423	1.54911	0.19057
<b>AMB</b>	2	3307.55556	1653.77778	0.58587	1.0
<b>GEN x AMB</b>	12	41691.55556	3474.2963	1.23081	0.30092
<b>Resíduo</b>	36	101620.19048	2822.78307		
<b>Total</b>	62	198083.93651	3194.9022		
<b>Média</b>	140.25				
<b>CV(%)</b>	37.88				

Análise de variância SQDCOMP/M

<b>FV</b>	<b>GL</b>	<b>SQ</b>	<b>QM</b>	<b>F</b>	<b>Probab</b>
<b>REP /AMB</b>	6	0.01413	0.00235	0.7395	1.0
<b>GEN</b>	6	0.02902	0.00484	1.51907	0.19995
<b>AMB</b>	2	0.01939	0.00969	3.04485	0.06001
<b>GEN x AMB</b>	12	0.031	0.00258	0.81139	1.0
<b>Resíduo</b>	36	0.11463	0.00318		
<b>Total</b>	62	0.20817	0.00336		
<b>Média</b>	0.14				
<b>CV(%)</b>	41.11				

Análise de variância SQDDIA/M

<b>FV</b>	<b>GL</b>	<b>SQ</b>	<b>QM</b>	<b>F</b>	<b>Probab</b>
<b>REP /AMB</b>	6	0.17455	0.02909	1.27971	0.29114
<b>GEN</b>	6	0.37077	0.0618	2.71836	0.02792 *
<b>AMB</b>	2	0.01119	0.0056	.24619	1.0
<b>GEN x AMB</b>	12	0.46207	0.03851	1.69385	0.10958
<b>Resíduo</b>	36	0.81837	0.02273		
<b>Total</b>	62		0.02963		
<b>Média</b>	0.40				
<b>CV(%)</b>	38.08				

Análise de variância RC/D inicial

<b>FV</b>	<b>GL</b>	<b>SQ</b>	<b>QM</b>	<b>F</b>	<b>Probab</b>
<b>REP /AMB</b>	6	0.44513	0.07419	0.95227	1.0
<b>GEN</b>	6	6.82696	1.13783	14.60502	0.0 **
<b>AMB</b>	2	.02798	0.01399	.17956	1.0
<b>GEN x AMB</b>	12	1.50338	0.12528	1.60811	0.13312
<b>Resíduo</b>	36	2.80464	0.07791		
<b>Total</b>	62	1.83695	0.18723		
<b>Média</b>	2.41				
<b>CV(%)</b>	11.56				

Análise de variância RC/D tardio

<b>FV</b>	<b>GL</b>	<b>SQ</b>	<b>QM</b>	<b>F</b>	<b>Probab</b>
<b>REP /AMB</b>	6	0.34774	0.05796	0.45826	1.0
<b>GEN</b>	6	3.8844	0.6474	5.11896	0.00075 **
<b>AMB</b>	2	0.3261	0.16305	1.28922	0.2879
<b>GEN x AMB</b>	12	1.12794	0.09399	0.74321	1.0
<b>Resíduo</b>	36	4.55296	0.12647		
<b>Total</b>	62	11.60808	0.16515		
<b>Média</b>	2.48				
<b>CV(%)</b>	14.35				

Análise de variância sqch

<b>FV</b>	<b>GL</b>	<b>SQ</b>	<b>QM</b>	<b>F</b>	<b>Probab</b>
<b>REP /AMB</b>	6	7.42228	1.23705	0.97919	1.0
<b>GEN</b>	6	8.30938	1.3849	1.09622	.38351
<b>AMB</b>	2	0.82546	0.41273	0.3267	1.0
<b>GEN x AMB</b>	12	12.38049	1.03171	0.81665	1.0
<b>Resíduo</b>	36	45.48011	1.26334		
<b>Total</b>	62	74.41773	1.20029		
<b>Média</b>	0.60				
<b>CV(%)</b>	186.80				

Análise de variância C<sup>3</sup>/(A\*D)

<b>FV</b>	<b>GL</b>	<b>SQ</b>	<b>QM</b>	<b>F</b>	<b>Probab</b>
<b>REP /AMB</b>	6	253.26523	42.21087	0.4406	1.0
<b>GEN</b>	6	2441.75064	406.95844	4.24788	0.00253 **
<b>AMB</b>	2	347.59787	173.79894	1.81413	0.17756
<b>GEN x AMB</b>	12	836.49996	69.70833	0.72762	1.0
<b>Resíduo</b>	36	3448.89987	95.80277		
<b>Total</b>	62	7328.01357	118.19377		
<b>Média</b>	20.96				
<b>CV(%)</b>	46.70				