



AVALIAÇÃO DA INFLUÊNCIA DAS CONDIÇÕES EDAFOCLIMÁTICAS NAS CARACTERÍSTICAS ANATÔMICAS DE CLONES DE EUCALIPTO

Palavras-chave: COMPRIMENTO DAS FIBRAS; LARGURA DAS FIBRAS; ESPESSURA DA PAREDE CELULAR.

Autores(as):

FABRICIO COLOMBO DE ALMEIDA – UNICAMP;

Prof^ª. Dr^ª. CINTHYA BERTOLDO PEDROSO (orientadora), FEAGRI – UNICAMP;

CAROLINA KRAVETZ (coorientadora), FEAGRI – UNICAMP.

INTRODUÇÃO:

A produção de eucalipto costuma estar presente em áreas onde o solo apresenta menor fertilidade. No estado de São Paulo, por exemplo, estão presentes em áreas com solos profundos, arenosos, inférteis e ácidos, que quando combinados com as condições climáticas (altas temperaturas e precipitação), podem favorecer uma drenagem excessiva dos solos, e isso pode impactar diretamente nas propriedades da madeira, afetando a qualidade da celulose produzida (Germon et al., 2019).

Uma das propriedades que pode ser afetada pelas condições climáticas é a anatomia da madeira, onde as alterações no xilema estão correlacionadas com o transporte de água, na tentativa de sobrevivência da planta. Os mecanismos para aclimatar as plantas ao estresse hídrico, como a plasticidade na estrutura do xilema, a resistência a cavitação, a distribuição dos vasos e suas respectivas áreas, são desenvolvidos para que a madeira seja capaz de suportar riscos de cavitação e embolismo (Fonti et al. 2010).

As condições de estresse hídrico causadas por secas, temperatura elevadas e variabilidade da precipitação, provocam alterações nos elementos anatômico das árvores como: redução no diâmetro dos elementos de vasos, aumento da espessura das paredes celulares e alterações na atividade cambial (Qaderi et al., 2019). Almeida et al. (2022) analisaram diferentes sítios e observaram a influência do clima nas características anatômicas de um clone de *Eucalyptus urophylla*. A pesquisa concluiu que para a anatomia das árvores crescidas nos sítios mais secos, os elementos de vasos eram menores e mais frequentes e, as fibras possuíam paredes mais finas, enquanto nos sítios mais úmidos o diâmetro do lúmen das fibras era menor. Também foi concluído que a temperatura média anual foi a característica ambiental que obteve maior correlação com as características anatômicas.

Dentre os principais elementos anatômicos das árvores do gênero *Eucalyptus* estão as fibras, sendo que suas características influenciam na qualidade do papel que será produzido. Para a indústria

de papel e celulose os principais parâmetros são: população fibrosa (milhões de fibras por grama seca de polpa), comprimento da fibra, largura da fibra, conteúdo de hemicelulose e dimensões dos elementos do vaso da madeira (Foelkel, 2007). As dimensões das fibras afetam as propriedades de resistência do papel, por exemplo: quanto maior o comprimento das fibras, maior será a resistência ao rasgo e às dobras, enquanto, quanto maior sua largura, menor será a resistência ao ar e maior a resistência ao rasgo (Dias & Simonelli, 2013).

Para que a madeira extraída ao final do processo da produção do eucalipto contenha as qualidades devidas para a produção de celulose, deve se levar em consideração as diferentes condições edafoclimáticas que cada árvore está exposta em seu ambiente e como estas influenciam as características da madeira. Sendo assim, o intuito principal desse trabalho foi identificar, por meio de ensaios microscópicos realizados em laboratório, as diferenças que ocorrem nas características anatômicas de clones de eucalipto plantados em regiões com diferentes condições edafoclimáticas

METODOLOGIA:

Com a finalidade de observar como o *Eucalyptus sp* reage a condições climáticas diferentes, foram analisadas 2 regiões (R1 e R2) do estado de São Paulo que possuíam 3 clones (A, B e C) de *Eucalyptus sp* com 4 anos de idade. A região 1 (R1) situa-se próxima à cidade de Mogi Guaçu, no interior do Estado de São Paulo. De acordo com a classificação de Köppen, o clima é subtropical úmido com inverno seco e verão quente (Cwa). O solo predominante da região é o latossolo, que tem como uma de suas características a alta permeabilidade, e, portanto, maior capacidade de armazenamento de água. A região 2 (R2) encontra-se próxima à cidade de Tambaú, no estado de São Paulo. Segundo Köppen, o clima dessa região é subtropical úmido com inverno seco e verão temperado (Cwb). O solo predominante dessa região é o neossolo, que tem como principais características maior quantidade de areia (LEPSH, 2011).

Para cada clone, de cada região, foram selecionadas três árvores e extraídos discos na altura do DAP (diâmetro à altura de 1,3 m do solo) de cada uma das árvores, totalizando 18 discos. De cada disco foram retiradas amostras menores para realização do ensaio de maceração de acordo com Franklin (1945).

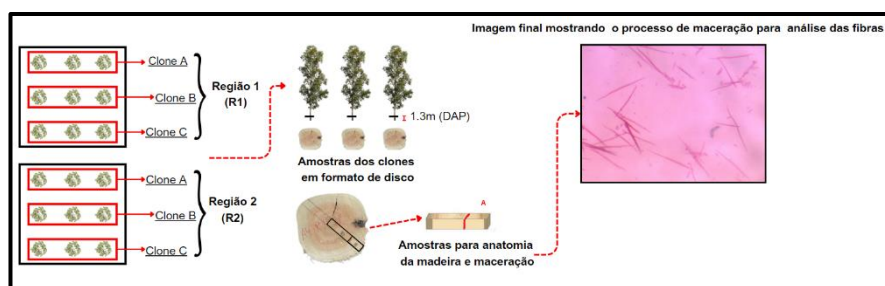


Figura 1 – Ilustração da metodologia do projeto.

Para a maceração, pedaços de madeira foram cortados e colocados em eppendorfs com uma solução de peróxido de hidrogênio e ácido acético (1:1). Os frascos foram aquecidos a 60 °C por 24 a

48 horas até o material ficar branco e amolecido. Após drenagem e lavagem com água destilada e etanol (50%), o material foi corado com solução de safranina (1%) em etanol (50%) por 24 horas. Depois, foi lavado com etanol (30%), dissociado com um estilete sobre uma lâmina, e adicionada glicerina (50%) para observação em microscópio (Leica, DM750, Brasil). As lâminas foram fotografadas a partir da câmera Leica DFC295, o comprimento das fibras foi observado a partir da lente objetiva com aumento de 4 vezes, enquanto a largura das fibras, diâmetro do lúmen e espessura da parede celular foram observados com a lente objetiva com aumento de 40 vezes. A espessura da parede celular (EP) foi calculada a partir das mensurações da largura da fibra (LF) e do diâmetro do lúmen (DL) seguindo a equação 1:

$$EP = \frac{(LF-DL)}{2} \quad \text{(Equação 1)}$$



Figura 2 – (a) Eppendorf com amostra; (b) fibras sob aumento de 4 vezes; (c) fibras sob aumento de 40 vezes.

Para medir os parâmetros das 45 fibras de cada clone, foi utilizado o software ImageJ. Os dados foram então avaliados com o teste de comparação de médias (*Multiple Range Test*) para verificar diferenças estatísticas significativas entre os elementos anatômicos das árvores crescidas em duas regiões com características edafoclimáticas distintas.

RESULTADOS E DISCUSSÃO:

Para cada parâmetro da fibra obtido através das observações em microscópio (comprimento, largura, diâmetro do lúmen e espessura da parede) foram realizados inicialmente testes de normalidade, onde todos os dados apresentaram distribuição normal. Depois foram realizados testes de comparação de médias, e em todos os resultados de análise o P-valor foi inferior a 0,05, que indica que houve diferença estatística significativa dos parâmetros das fibras em relação às regiões de plantio, com 95% de confiabilidade.

Na Tabela 1 é possível observar os valores médios dos parâmetros das fibras dos clones A, B e C comparados nas duas regiões de plantio (R1 e R2). Na pesquisa de Gonzalez et al (2014), onde caracterizaram os parâmetros das fibras de árvores de *Eucalyptus urograndis* com 8 anos de idade, encontraram valores médios de 900 μm para o comprimento, 16,91 μm largura das fibras, 5,59 μm diâmetro do lúmen e 5,61 μm espessura de parede. Behera et al. (2016) caracterizaram 20 clones de eucalipto com 6 anos e encontraram um comprimento de fibra entre 797 e 872 μm , largura da fibra entre 12,5 e 14,7 μm , diâmetro do lúmen entre 6,22 e 7,35 μm e espessura da parede entre 3,09 e 3,82 μm . Apesar de os valores apresentados na Tabela 1 serem próximos ao encontrado na literatura, as

diferenças encontradas podem ser justificadas pelo fato de os indivíduos avaliados neste estudo possuírem 4 anos de idade e também pela grande variedade de clones de eucalipto disponíveis no mercado.

Tabela 1. Valores médios, coeficientes de variação das médias (entre parênteses, em porcentagem) e resultado da comparação estatística das médias dos parâmetros das fibras encontrados nas duas regiões.

Parâmetro da fibra (µm)	Clone A		Clone B		Clone C	
	Região 1	Região 2	Região 1	Região 2	Região 1	Região 2
Comprimento	567,3 ^b (64,55)	633,6 ^a (86,06)	650,45 ^a (116,69)	589,86 ^b (106,26)	498,85 ^b (71,33)	542,61 ^a (82,44)
Largura	10,03 ^a (1,76)	10,00 ^a (1,76)	12,33 ^a (2,31)	10,89 ^b (1,51)	9,94 ^a (2,28)	8,76 ^b (1,72)
Diâmetro do lúmen	5,67 ^a (1,99)	5,36 ^a (1,41)	7,19 ^a (2,19)	5,94 ^b (1,25)	6,41 ^a (2,34)	4,83 ^b (1,28)
Espessura da parede	2,18 ^a (0,61)	2,32 ^a (0,71)	2,57 ^a (0,69)	2,48 ^a (0,52)	1,77 ^a (0,49)	1,96 ^a (0,59)

*letras iguais entre as regiões representam que não houve diferença estatística significativa, enquanto letras diferentes representam diferença estatística significativa.

Observando os resultados dos parâmetros das fibras dos clones A, B e C em relação as duas regiões de plantio, houve diferença estatística significativa entre o comprimento das fibras dos três clones, porém entre a largura das fibras e o diâmetro do lúmen houve diferença apenas dos clones B e C (Tabela 1).

Em relação ao comprimento das fibras, os maiores valores foram apresentados na região 2 para os clones A e C, enquanto para o clone B o maior valor deste parâmetro foi na região 1. De acordo com a pesquisa de Barbosa et al (2019), as fibras mais longas foram determinadas nos sítios com maior precipitação e menor deficiência de água. Contudo, neste trabalho apenas o clone B seguiu o resultado encontrado na literatura.

A largura das fibras e o diâmetro do lúmen seguiram o mesmo padrão entre os clones B e C, onde os maiores valores foram apresentados na região 1, com maior capacidade de armazenamento de água. Contudo, no estudo de Almeida et al (2022) nos sítios mais úmidos foram encontrados os menores diâmetros do lúmen

Na espessura da parede, analisando as regiões, não houve diferença nos três clones, entretanto, segundo a pesquisa de Lima et al. (2012) uma parede celular mais delgada pode ser encontrada nas regiões com maior precipitação.

De modo geral, os valores dos parâmetros apresentados neste estudo estão próximos do que é encontrado na literatura, porém tivemos um comportamento diferente do que já foi descrito. De acordo com Zobel & Buijtenen (1989) há estudos que demonstram alterações nas propriedades da madeira, e outros que não encontram nenhum efeito importante, isso ocorre, pois, as características de um local dependem da interação de diversos fatores, e cada local possui uma combinação única que pode influenciar a madeira produzida particular. Zobel & Buijtenen (1989) também explicam que a madeira

de uma espécie específica tende a manter características relativamente constantes em diferentes locais dentro de uma mesma região, desde que as variações locais sejam moderadas. Mas o que pode alterar drasticamente as propriedades da madeira é a ocorrência de extremos climáticos incomuns, como períodos de frio intenso ou escassez hídrica, o que não ocorreu no período de estudo deste trabalho.

CONCLUSÕES:

A partir deste trabalho foi possível concluir que há diferenças nas características anatômicas dos clones de eucalipto plantados em regiões com diferentes características edafoclimáticas. Foi observado diferenças significantes principalmente no comprimento das fibras, largura das fibras e diâmetro do lúmen.

BIBLIOGRAFIA

- ALMEIDA, M.N.F.; VIDAURRE, G.B.; LOUZADA, J.L.P.C.; [and others] 2022. Differences in wood anatomy and chemistry of *Eucalyptus urophylla* clone explained by site climate conditions. *Canadian Journal of Forest Resour* 2022. Differences in wood anatomy and chemistry of *Eucalyptus urophylla* clone explained by site climate conditions. *Canadian Journal of Forest Resources*, 52: 1-11.
- BARBOSA, T. L.; OLIVEIRA, J. T. da S.; ROCHA, S. M. G. [and others]. 2019. Influence of site in the wood quality of *Eucalyptus* in plantations in Brazil. *Southern Forests*. 81 (3). 247-253 p.
- BEHERA, L. K.; NAYAK, M. R.; MEHTA, A. A. [and others]. 2016. Fibre parameters variation among twenty clones of *Eucalyptus* in south gujarat. *International Journal of Usufructs Management*. 17 (1). 55-62 p.
- DIAS, O. A. & SIMONELLI, G. 2013. Qualidade da madeira para a produção de celulose e papel. *Enciclopédia Biosfera*. Centro Científico Conhecer – Goiânia. V. 9. N. 17. P. 36-32.
- FOELKEL, C. 2007. The *Eucalyptus* fibers and the kraft pulp quality requirements for paper manufacturing. *Eucalyptus Online Book*. Chapter 03. 42 pp. Disponível em: <http://www.eucalyptus.com.br/capitulos/ENG03_fibers.pdf>.
- FONTI, P.; VON ARX, G.; GARCÍA-GONZÁLEZ, I.; [and others] 2010. Studying global change through investigation of the plastic responses of xylem anatomy in tree rings. *New Phytol*. 185(1): 42–53. doi:10.1111/j.1469-8137.2009.03030.x. PMID:19780986.
- FRANKLIN, G. L. 1945. Preparation of thin sections of synthetic resins and wood-resin composites and a new macerating method for wood. *Nature* 155: 51.
- GERMON, A.; JOURDAN, C.; BORDRON, B.; [and others] 2019. Consequences of clear-cutting and drought on fine roots dynamics down to 17 m in coppice-managed eucalypt plantations. *For. Ecol. Manage.* 445, 48–59. <https://doi.org/10.1016/j.foreco.2019.05.010>.
- GONÇALEZ, J. C.; SANTOS, G. L. dos; SILVA JUNIOR, F. G. da [and others]. 2014. Relações entre dimensões de fibras e de densidade da madeira ao longo do tronco de *Eucalyptus urograndis*. *Scientia Forestalis*. V. 42. N. 101. 81-89 p.
- LENS, F.; TIXIER, A.; COCHARD, H.; SPERRY, J.S.; JANSEN, S.; and HERBETTE, S. 2013. Embolism resistance a key mechanism to understand adaptive plant strategies. *Curr. Opin. Plant Biol.* 16(3): 287–292. doi:10.1016/j.pbi.2013.02.005. PMID:23453076.
- LEPSH, I. F. 2011. **19 lições de pedologia**. Oficina de Textos. São Paulo.
- LIMA, G. et al. Parâmetros quantitativos da anatomia da madeira de eucalipto que cresceu em diferentes locais. *Revista Árvore*, v. 36, n. 3, p. 559–567, 1 jun. 2012.
- QADERI, M. M.; MARTEL, A. B.; DIXON, S. L. Environmental Factors Influence Plant Vascular System and Water Regulation. *Plants*, v. 8, n. 3, 15 mar. 2019.
- ZOBEL, B. J. & BUIJTENEN, J. P. van. 1989. *Wood variation – Its causes and control*. Springer-Verlag.