

CRESCIMENTO EM DIÂMETRO DE PROGÊNIES DE *Pinus elliottii* VISANDO PRODUÇÃO DE RESINA EM MINAS GERAIS

Laís Lara Jesus Barros Freitas, Lavínia Barbosa Oliveira, Letícia Aparecida Pereira Gomes, Adriene de Oliveira Bastos, Adelson Lemes da Silva Júnior, Lucas Amaral de Melo

Universidade Federal de Lavras/Departamento de Ciências Florestais, Trevo Rotatório Professor Edmir Sá Santos - 37203-202 - Lavras – MG, Brasil, lais.freitas@estudante.ufla.br, lavinia.oliveira@estudante.ufla.br, leticia.gomes@estudante.ufla.br, admadienebastos@gmail.com, adelson.lemes@ufla.br, lucas.amaral@ufla.br.

Resumo

Objetivou-se avaliar o crescimento em diâmetro à altura do peito (DAP) de progênies de meio-irmãos de *Pinus elliottii* na mesorregião do Campo das Vertentes, Minas Gerais, com o objetivo de identificar as progênies mais promissoras para o cultivo na região, visando contribuir para o aprimoramento genético da espécie e a otimização da produção de resina. Avaliou-se o DAP de cinco progênies de meio-irmãos de *P. elliottii* aos 6, 7 e 8 anos de idade, com o auxílio de uma suta. Os dados foram submetidos à análise de variância e na presença de significância entre os tratamentos, aplicou-se o teste de médias proposto por Tukey, a 5% de probabilidade de erro. Os resultados evidenciaram variabilidade significativa entre as progênies, com destaque para as progênies P76 e P78 que apresentaram os maiores valores médios de DAP em todas as idades avaliadas. Esses resultados indicam o alto potencial da espécie para a região em questão, inferindo a possibilidade dessas progênies também serem boas produtoras de resina, bem como subsidia informações para incentivo do seu melhoramento genético.

Palavras-chave: Teste de progênies. *Pinus* subtropical. Resinagem.

Área do Conhecimento: Engenharia Agrônômica, Engenharia Florestal.

Introdução

No Brasil, o cultivo do *Pinus* se intensificou a partir do século XX, com a introdução das espécies de *Pinus elliottii* e *Pinus taeda* (Resende et al., 2023). Essas espécies rapidamente conquistaram espaço na silvicultura nacional, devido ao seu rápido crescimento, alta produtividade de madeira e adaptabilidade a diversos ambientes (Santos et al., 2021). Sua importância econômica é inegável, com a madeira de *Pinus* sendo utilizada em diversos setores, como construção civil, indústria moveleira, produção de celulose e papel (Zhang et al., 2022). Além da madeira, algumas espécies de *Pinus* também possuem potencial de extração da resina, que é utilizada em diversos setores industriais, porém, ainda há muito a ser explorado nesse campo (Candaten; Trevisan, 2021).

O *P. elliottii*, nativo do sudeste dos Estados Unidos, se destaca entre as espécies de *Pinus* por seu alto potencial resinífero. No Brasil, as áreas plantadas com a espécie concentram-se principalmente nos estados de São Paulo, Paraná e Santa Catarina sendo responsáveis por 80% da produção de resina nacional, colocando o Brasil em segundo lugar no *ranking* mundial de produção de resina, com produção anual média de 186 toneladas, perdendo apenas para a China (Associação Dos Resinadores Do Brasil – ARESB, 2023). Apesar de Minas Gerais apresentar condições edafoclimáticas favoráveis para o cultivo de algumas espécies do gênero, principalmente as produtoras de resina, como o *P. elliottii* e as variações do *P. caribaeae*, o estado contribuía, na primeira década deste século, com apenas 4% da produção resinífera nacional (Kronka et al., 2005; Shimizu, 2008).

Portanto, para maximizar as áreas plantadas e aumentar a produtividade e exploração de resina em Minas Gerais, é fundamental o investimento em pesquisa e no desenvolvimento de programas de melhoramento genético. Embora esses programas existam com foco no crescimento e na qualidade da madeira, as iniciativas voltadas para a melhoria da qualidade e produtividade de resina

ainda são incipientes (Aguiar et al., 2011). O melhoramento genético é essencial para a seleção de genótipos superiores, adaptados a condições específicas e com características desejáveis, possibilitando a obtenção de variedades mais resistentes a estresses bióticos e abióticos, além de maior produtividade e qualidade (Carvalho et al., 2022).

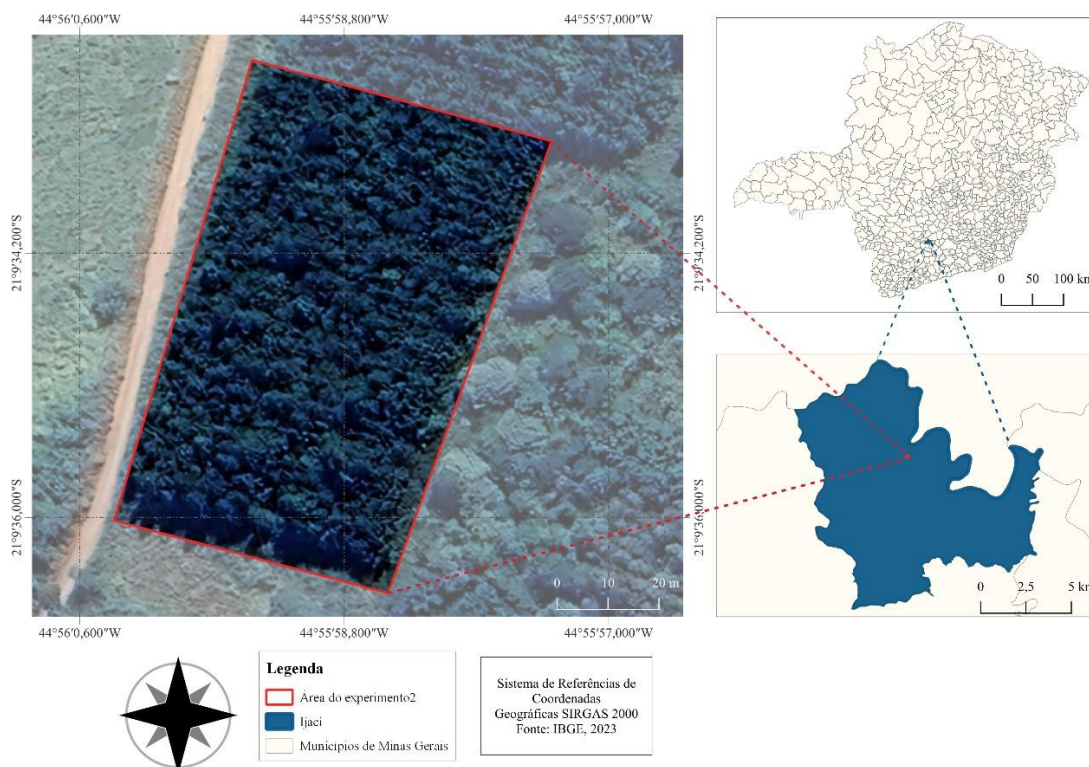
No início de um programa de melhoramento, o teste de progênes se destaca como uma ferramenta crucial, por possibilitar a avaliação do desempenho de diferentes famílias de árvores em termos de produção de resina, adaptabilidade, resistência a doenças e pragas, crescimento e características aptas para a produção florestal de alta qualidade (Resende et al., 2023). A produção de resina possui uma correlação positiva com o diâmetro da árvore, indicando que árvores de maior diâmetro tendem a produzir mais resina, o que possibilita uma inferência indireta da produtividade por meio das avaliações do DAP (Wen-bo, 2011). No entanto, é válido ressaltar que essa relação pode ser influenciada por fatores genéticos e ambientais, como por exemplo, práticas de desbaste e poda, que podem favorecer o crescimento em diâmetro (Lima et al., 2021).

Neste contexto, objetivou-se avaliar o crescimento em DAP de progênes de meio-irmãos de *P. elliotii* na região do Campo das Vertentes, Minas Gerais, visando identificar as progênes mais promissoras para o cultivo na região, contribuindo para o aprimoramento genético da espécie e a otimização da produção de resina.

Metodologia

A área experimental está localizada na Fazenda Palmital, propriedade pertencente à Universidade Federal de Lavras que se encontra na cidade de Ijaci, na região do Campo das Vertentes – MG. O experimento foi implantado sob as coordenadas latitude 21°15'95,1"S e longitude 44°93'26,7"W, a 833 metros acima do nível do mar (Figura 1).

Figura 1 - Mapa da área experimental com as progênes de meios-irmãos de *P. elliotii* no Campo das Vertentes.



Fonte: Autores (2024).

O clima da região é classificado segundo Köppen como Cwb, como temperado úmido com inverno seco e verão temperado, temperatura média anual de 20,2°C, precipitação média anual de 1237 mm, com chuvas concentradas nos meses de outubro a março (Alvares *et al.*, 2013).

O teste foi composto por cinco progênies, oriundas de árvores matrizes com polinização livre (P69, P75, P76, P77, P78), localizadas em plantios experimentais e comerciais da Empresa Resineves Agroflorestral LTDA, Itapeva-SP. As mudas foram produzidas pela própria empresa em tubetes de 55 cm³, preenchidos com substrato comercial e implantadas em agosto de 2015.

Aos 6, 7 e 8 anos após o plantio, avaliou-se o diâmetro à altura do peito (DAP) com o auxílio de uma suta. Após a obtenção dos dados, foram verificadas as premissas estatísticas da normalidade, homoscedasticidade e independência dos erros, pelos respectivos testes: Shapiro-Wilk, Bartlett e Durbin-Watson. Em seguida, a análise de variância (ANOVA) foi realizada para as diferentes idades e mediante a significância para os diferentes tratamentos, executou-se o teste de média pelo método proposto por Tukey, a 5% de significância. Todos os procedimentos estatísticos foram realizados com o auxílio software R (R Development Core Team, 2021).

Resultados

As análises demonstram que os dados aderiram às premissas estatísticas de normalidade, homoscedasticidade e independência dos erros. A análise de variância ANOVA (Tabela 1) indicou existir diferença em DAP para as progênies, com significância estatística ($p < 0,05$) em todas as idades. Isso revela que as diferenças genéticas entre as progênies são as principais responsáveis pela variação observada no DAP das árvores.

Tabela 1 - Resultados das análises de variâncias (ANOVAs) para o DAP (cm) (6 a 8 anos) em progênies de meios-irmãos de *P. elliottii* no Campo das Vertentes.

Diâmetro à altura do peito (DAP) (cm)							
Idade	Fontes de variação	Graus de liberdade	Soma de quadrados	Quadrado médio	Valor F	Valor p	Significância
6 anos	Bloco	29	177,86	6,13	0,74	0,8259	ns
	Progênies	4	171,86	42,96	5,16	0,0008	*
	Resíduos	101	841,32	8,33			
7 anos	Bloco	29	2286,12	7,88	0,83	0,7122	ns
	Progênies	4	159,71	39,93	4,20	0,0034	*
	Resíduos	102	969,63	9,51			
8 anos	Bloco	29	33,17	11,45	0,82	0,7187	ns
	Progênies	4	295,00	73,75	5,31	0,0006	*
	Resíduos	102	1417,29	13,90			

*Significância ao nível de 5% de probabilidade pelo teste F.

Fonte: Autores (2024).

Por meio do teste de Tukey, foi possível ranquear a média do DAP das diferentes progênies nas diferentes idades, apresentando o comportamento similar (Tabela 2). Notou-se que para o DAP aos 6, 7 e 8 anos, a progênie P76 apresentou o maior diâmetro médio (14,57; 15,47; 17,73 cm respectivamente) e foi significativamente diferente das progênies P75, P77 e P69. Já a progênie P78 apesar de pertencer ao mesmo grupo da progênie P76, também se assemelha as demais. Além disso, foi possível observar que a magnitude do crescimento entre elas se manteve constante, conforme pode ser observado na curva de crescimento expressa na figura 2.

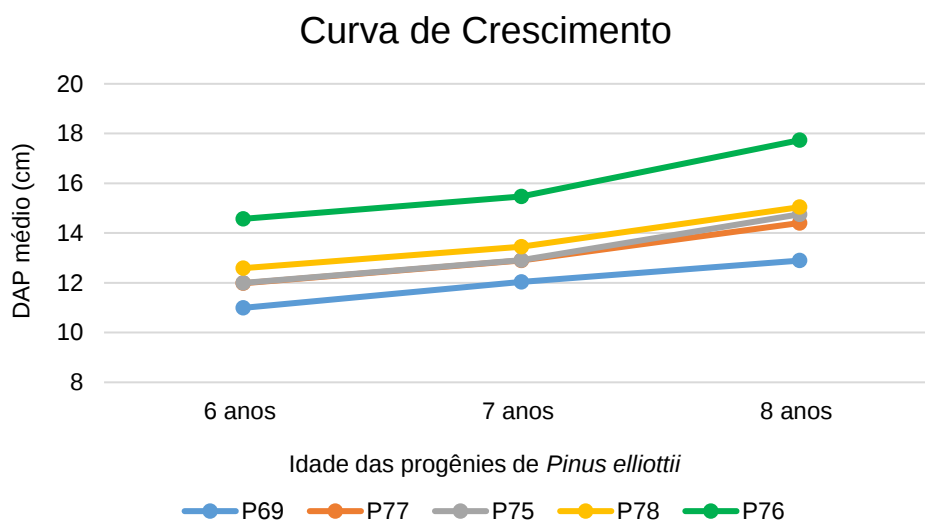
Tabela 2 - Teste de Tukey para o DAP (cm) (6 a 8 anos) em progênies de meios-irmãos de *P. elliottii* no Campo das Vertentes.

Teste de Tukey			
Tratamentos	DAP (cm) - 6 anos	DAP (cm) - 7 anos	DAP (cm) - 8 anos
P76	14,57 a	15,47 a	17,73 a

P78	12,59 ab	13,45 ab	15,04 ab
P75	12,00 b	12,91 b	14,75 b
P77	11,98 b	12,90 b	14,40 b
P69	10,99 b	12,03 b	12,89 b

Fonte: Autores (2024).

Figura 2 - Curva de crescimento em DAP (cm) (6 a 8 anos) das progênes de meios-irmãos de *P. elliottii* no Campo das Vertentes.



Fonte: Autores (2024).

Discussão

O crescimento em diâmetro reflete a adaptação e a superioridade das plantas aos fatores bióticos e abióticos de um determinado local (Morris *et al.*, 2019). Isso apoia os resultados deste estudo, evidenciando a boa adaptação das diferentes progênes ao Campo das Vertentes-MG. O DAP de *Pinus elliottii* é um parâmetro fundamental para avaliar o crescimento e a produtividade da espécie, tornando a compreensão dos fatores que o influenciam essencial para otimizar o desenvolvimento e maximizar a produtividade. Além disso, o DAP permite estudar a variação genética e a hereditariedade das características de crescimento, considerando que essas variam em função do local, idade e potencial de adaptação da planta (Qi-longo, 2007; Lai *et al.*, 2020; Xueyu *et al.*, 2021).

A replicação do *ranking* ao longo das diferentes idades, aliada à consistência no crescimento das progênes, sugere a viabilidade de seleção antecipada, aos seis anos, das progênes P76 e P78, que demonstraram melhor desempenho. A seleção antecipada, ou precoce, oferece a vantagem de identificar e selecionar árvores com características desejáveis em uma idade mais jovem, o que resulta em maior precisão na escolha de árvores adaptadas a ambientes específicos ou com características economicamente importantes (Grattapaglia, 2014).

Estudos com *Pinus* indicam que a seleção precoce no melhoramento florestal pode resultar em ganhos de rendimento entre 10% e 25%, dependendo da intensidade da seleção das árvores-mãe (Ruotsalainen, 2014). Em outro caso, a seleção precoce proporcionou ganhos genéticos em altura e diâmetro, variando de 7% a 9% (Nengqing, 2011). Além disso, a correlação elevada de uma mesma característica em diferentes idades sugere eficiência na seleção precoce (Vergara *et al.*, 2004). No entanto, a validação dessa estratégia deve ser confirmada por meio de avaliações genético-estatísticas, que permitirão uma estimativa precisa do ganho genético.

Em relação à produtividade de resina, a correlação positiva entre o DAP e a produção de resina indica que árvores com maior diâmetro têm maior potencial produtivo (Audina *et al.*, 2021). Portanto, acredita-se que as progênes P76 e P78, que se destacaram no estudo, poderão apresentar maior

produção de resina. Embora essas duas progêneses tenham se sobressaído, todas as progêneses demonstraram boa adaptação e taxas positivas de crescimento. Para validar essa premissa, é fundamental realizar uma avaliação específica da produtividade de resina nas árvores estudadas.

Conclusão

Os estudos realizados com progêneses de *P. elliottii* revelaram uma variabilidade significativa entre as progêneses avaliadas, demonstrando o potencial para o melhoramento genético da espécie. Entre as progêneses testadas, P76 e P78 se destacaram como as mais promissoras para o cultivo na região do Campo das Vertentes. Esses resultados sugerem que as progêneses P76 e P78 têm potencial para uma produção superior de resina. No entanto, para confirmar essa hipótese e determinar com precisão a produtividade e a qualidade da resina nessas progêneses, é essencial implementar o processo de resinagem.

Referências

AGUIAR, A. V.; SOUSA, V. A. de.; FRITZSONS, E.; PINTO JUNIOR, J. E. Programa de melhoramento de Pinus da Embrapa Florestas. **Colombo**: Embrapa Florestas, 2011.p.83.2011. Disponível em <http://www.infoteca.cnptia.embrapa.br/infoteca/handle/doc/921231>. Acesso em: mai. 2024.

ALVARES, Clayton Alcarde et al. Köppen's climate classification map for Brazil. **Meteorologische zeitschrift**, v. 22, n. 6, p. 711-728, 2013.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE EMPRESAS DE RESINA (ARESB). **Estatísticas**. 2023. Disponível em: <https://www.aresb.com.br/portal/estatisticas/>. Acesso em: fev. 2024.

AUDINA, N.; SOLIHAT, R; PURWANTO. **Pengaruh kelas umur terhadap produktivitas getah pohon Pinus merkusii di kph Bandung Utara**. 2021, 23, 10-21. <https://doi.org/10.35138/WANAMUKTI.V23I1.176> .

CANDATEN, L., LAZAROTTO, S., ZWETSCH, A. P. R. et al. Resinagem de Pinus no Brasil: aspectos gerais, métodos empregados e mercado. *Produtos florestais não madeireiros: Tecnologia, Mercado, Pesquisas e Atualidades*. pp. 44-58. 2021. **Editora Científica Digital: Guarujá**. doi: 10.37885/210504772

CARVALHO, T. R. **Uso de mutagênese no melhoramento genético de plantas**. Anais da Semana Universitária e Encontro de Iniciação Científica (ISSN: 2316-8226), v. 1, n. 1, 2022.

GRATTAPAGLIA, D. (2014). **Melhoramento de árvores florestais por seleção genômica: progresso atual e o caminho a seguir**. In: Tuberosa, R., Graner, A., Frison, E. (eds) *Genômica de Recursos Genéticos Vegetais*. Springer, Dordrecht. https://doi.org/10.1007/978-94-007-7572-5_26.

KRONKA, F.J.N.; BERTOLANI, F.; PONTE, R.H. **A cultura de Pinus no Brasil**. São Paulo: Sociedade Brasileira de Silvicultura, 2005. 160p.

LAI, S.; WU, K.; WANG, H.; ZHOU, Z.; LI, W.; LI, N. (2020). Genetic variation in wood properties of *Pinus elliottii* in three progeny trials in southern China. **Global Change Biology**, 26(11), 5124-5136.

LIMA, P. G. F. et al. **Características anatômicas e suas influências nas propriedades da madeira**: um referencial teórico. In: *madeiras nativas e plantadas do Brasil: qualidade, pesquisas e atualidades-volume 2*. Editora Científica Digital, 2021. p. 14-31.

MORRIS, W.; EHRLÉN, J.; DAHLGREN, J.; LOOMIS, A.; LOUTHAN, A. (2019). As forças bióticas e antropogênicas rivalizam com os fatores climáticos/abióticos na determinação do crescimento e da

aptidão da população global de plantas. **Anais da Academia Nacional de Ciências dos Estados Unidos da América**, 117, 1107 - 1112. <https://doi.org/10.1073/pnas.1918363117>

NENGQING, L. (2011). Análise e seleção para plantação de teste de progênie de *Pinus elliottii* × *P. caribaea* com 11 anos de idade. **Journal of Fujian Forestry Science and Technology**.

Qi-long, L. (2007). Análise de adaptabilidade de *Pinus taeda* e *Pinus elliottii*. **Journal of Fujian Forestry Science and Technology**.

R CORE TEAM. R: A Language and Environment for Statistical Computing. R Foundation for Statistical Computing, Viena, Áustria, 2021. Disponível em: <https://www.R-project.org/>.

RESENDE, Rafael Tassinari; BORÉM, Aluizio; LEITE, Hélio Garcia (Org.). **Pinus: do plantio à colheita**. Oficina de Textos, 2023.

RUOTSALAINEN, S. (2014). Aumento da produção florestal através do melhoramento florestal. **Jornal Escandinavo de Pesquisa Florestal**, 29, 333 - 344. <https://doi.org/10.1080/02827581.2014.926100>

SANTOS, M. P.; ARAUJO, M. J.; SILVA, P. H. M. da. (2021). Natural establishment of *Pinus* spp. around seed production areas and orchards. *Forest Ecology and Management*, 494(119333), <https://doi.org/10.1016/j.foreco.2021.119333>. ISSN 0378-1127

SHIMIZU, J. Y. (Ed.). *Pinus na silvicultura brasileira*. Colombo: **Embrapa Florestas**, 2008. 223 p. Disponível em: <http://ainfo.cnptia.embrapa.br/digital/bitstream/item/179582/1/Pinus-na-silvicultura-brasileira.pdf>.

VERGARA R.; WHITE, T. L.; HUBER D. A.; SHIVER, B. D.; ROCKWOOD, D. L. **Ganhos realizados estimados para o melhoramento de árvores de pinheiro cortado de primeira geração (*Pinus elliottii* var. *elliottii*) no sudeste dos Estados Unidos**. *Jornal Canadense de Pesquisa Florestal*. 2004, 34 (12): 2587-2600. <https://doi.org/10.1139/x04-136>

WEN-BO, S. (2011). **Alteração da lei do *Pinus massoniana* com diferentes idades e diâmetros de resinagem**. *Jornal da Universidade Central Sul de Silvicultura e Tecnologia*.

XUEYU, Z.; LI, Z.; GUO, Q.; ZHANG, Y.; LI, C. (2021). UAV-based estimation of genetic variation in tree growth traits and canopy chlorophyll indices in *Pinus elliottii*. **Forests**, 12(11), 1428.

ZHANG, G.; ZHANG, X.; YU, S.; SUN, H. (2022). Novos insights sobre genes e vias envolvidas na resposta de *Pinus elliottii* à resinose. **Fisiologia das árvores**. <https://doi.org/10.1093/treephys/tpac118>

Agradecimentos

O presente trabalho foi realizado com apoio da Fundação de Amparo à Pesquisa do Estado de Minas Gerais (FAPEMIG), através de bolsas de estudo no âmbito da Iniciação Científica da UFLA. Com apoio da Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior - Brasil (CAPES) - Código de Financiamento 001 – através da concessão de bolsa de doutorado no âmbito da UFLA. Com o subsídio econômico da empresa RESINEVES que, em parceria com a UFLA, disponibilizou os materiais genéticos.