

**UNIVERSIDADE ESTADUAL PAULISTA “JÚLIO DE MESQUITA FILHO”
FACULDADE DE ENGENHARIA
CÂMPUS DE ILHA SOLTEIRA**

LARA COMAR RIVA

**FENÔMICA APLICADA A CARACTERIZAÇÃO GENÉTICA EM BANCO ATIVO
DE GERMOPLASMA DE *Myracrodruon urundeuva* F.F. & M.F. ALLEMÃO**

**Ilha Solteira
2023**

PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM AGRONOMIA

LARA COMAR RIVA

**FENÔMICA APLICADA A CARACTERIZAÇÃO GENÉTICA EM BANCO ATIVO
DE GERMOPLASMA DE *Myracrodruon urundeuva* F.F. & M.F. ALLEMÃO**

Tese apresentada à Faculdade de Engenharia de
Ilha Solteira – Unesp como parte dos requisitos
para obtenção do título de Doutora. Especialidade:
Sistema de Produção.

Dr. Mário Luiz Teixeira de Moraes
Orientador

Dra. Marcela Aparecida de Moraes Silvestre
Coorientadora

Sr. José Alberto Mangas Catarino
Coorientador

Ilha Solteira
2023

FICHA CATALOGRÁFICA

Desenvolvido pelo Serviço Técnico de Biblioteca e Documentação

R616f Riva, Lara Comar.
Fenômica aplicada a caracterização genética em banco ativo de germoplasma de *Myracrodruon urundeuva* F.F. & M.F. Allemão / Lara Comar Riva. -- Ilha Solteira: [s.n.], 2023
121 f. : il.

Tese (doutorado) - Universidade Estadual Paulista. Faculdade de Engenharia de Ilha Solteira. Área de conhecimento: Sistemas de Produção, 2023

Orientador: Mário Luiz Teixeira de Moraes
Coorientadores: José Alberto Mangas Catarino e Marcela Aparecida de Moraes Silvestre
Inclui bibliografia

1. Anatomia da madeira. 2. Aroeira. 3. Caracteres de crescimento. 4. Fenotipagem de alto rendimento. 5. Teste de progênie.

CERTIFICADO DE APROVAÇÃO

TÍTULO DA TESE: FENÔMICA APLICADA A CARACTERIZAÇÃO GENÉTICA EM BANCO ATIVO DE GERMOPLASMA DE *Myracrodruon urundeuva* F.F. & M.F. ALLEMÃO

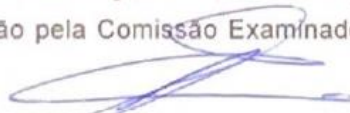
AUTORA: LARA COMAR RIVA


ORIENTADOR: MARIO LUIZ TEIXEIRA DE MORAES

COORIENTADOR: JOSÉ ALBERTO MANGAS PEREIRA CATARINO

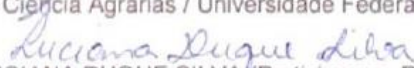
COORIENTADORA: MARCELA APARECIDA DE MORAES SILVESTRE

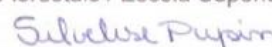
Aprovada como parte das exigências para obtenção do Título de Doutora em Agronomia, área: Sistemas de Produção pela Comissão Examinadora:


Prof. Dr. MARIO LUIZ TEIXEIRA DE MORAES (Participação Presencial)
Departamento de Fitotecnia Tecnologia de Alimentos e Socio Economia / Faculdade de Engenharia de Ilha Solteira - UNESP


Prof. Dr. JOAO ANTONIO DA COSTA ANDRADE (Participação Presencial)
Departamento de Biologia e Zootecnia / Faculdade de Engenharia de Ilha Solteira - UNESP


Profa. Dra. SILVIA CORREA SANTOS (Participação Presencial)
Faculdade de Ciência Agrárias / Universidade Federal da Grande Dourados - UFGD


Profa. Dra. LUCIANA DUQUE SILVA (Participação Presencial)
Departamento de Ciências Florestais / Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz - USP


Profa. Dra. SILVELISE PUPIN (Participação Presencial)
Departamento de Fitotecnia, Tecnologia de Alimentos e Sócio Economia / Faculdade de Engenharia de Ilha Solteira - UNESP

Ilha Solteira, 27 de outubro de 2023

DEDICO

À todos aqueles que iniciaram a jornada da graduação e da pós-graduação, mas que não puderam concluir, minha atenção.

OFEREÇO

À todos aqueles, acadêmicos ou não, que possuem esperança em uma educação positiva.

AGRADECIMENTOS

Agradeço à Deus, pela presente existência, pelas venturas e desventuras que me permitem o desenvolvimento intelectual e moral.

Agradeço à meus pais Francisco Silvestre Riva e Léia Comar Riva que me deram a oportunidade desta existência e, não só me ensinaram, como também exemplificaram o que é amor.

Agradeço à minha irmã Luisa Comar Riva, por me ensinar a não desistir e a “fazer dar certo, até dar certo” e a Laila Comar Riva (*in memoriam*) pelos momentos compartilhados.

Agradeço ao meu filho querido, Rocco Comar Riva, pelo amor compartilhado.

Em nome dos meus avós Lheodônio Comar (*in memoriam*) e Hermes Riva (*in memoriam*), agradeço a toda a minha família pelo apoio e respeito incondicional.

Aos dirigentes Divaldo Mattos de Oliveira, Luís Antônio Ferraz e Isabel Pinar, do Grupo Espírita “Maria de Nazaré” de Votuporanga, pelo acolhimento e pela morada.

Agradeço ao meu orientador professor doutor Mario Luiz Teixeira de Moraes pelo conhecimento e orientação, bem como agradeço ao professor doutor Paulo Cezar Ceresini pelas contribuições.

Agradeço aos professores Marcela Aparecida de Moraes, Osmar Jorge Sabbag, Luiz César Ribas, Eduardo Luiz Longhi, Juraci de Andrade Barbosa, José Alberto Mangas Pereira Catarino, Erivaldo José Scaloppi Júnior, Paulo de Souza Gonçalves, Marcos Guimarães de Andrade Landell, Vinícius Bof Buffon e Helder Barbosa Paulino, bem como suas instituições.

Aos funcionários: Selma Maria Bozzite de Mores, Alexandre Marques da Silva, José Cambuim, Sinval Antunes de Abreu e Alonso Angelo da Silva.

À comissão examinadora da defesa da tese de doutorado composta pelos professores: doutor José Antônio da Costa Andrade, Sílvia Correa dos Santos, Luciana Duque Silva e Silvelise Pupim.

À Eliane Baltazer Godoi, através da qual agradeço à toda a equipe Senac Votuporanga por me ensinarem o real sentido da educação.

Ao Conselho Regional de Engenharia e Agronomia do Estado de São Paulo, bem como a Associação de Engenheiro e de Arquitetos da Região de Votuporanga.

À todos os discentes que eu tive a oportunidade de conhecer, ensinar e aprender, tenho-os em meu benquerer.

À todos que contribuíram direta ou indiretamente para esse trabalho.

“A natureza deve ser conhecida através do sentimento.”
(Goethe, 1826).

RESUMO

O domínio de novas técnicas de coleta de dados em campo e o conhecimento da genética e anatomia da madeira de espécies arbóreas nativas é fundamental para se estabelecer estratégias de conservação e melhoramento genético. Dessa forma, a partir de uma população base de aroeira (POP-BAS - *Myracrodruon urundeuva*), que ocorre na região de Selvíria, MS foram propostos os seguintes objetivos: *i*) comparar a metodologia tradicional de coleta de dados em campo com a fenotipagem de alto rendimento em um teste de progênes de aroeira (TPA), instalado em 1987; *ii*) conhecer a variação genética para a altura de plantas em um teste de procedências (subpopulações de diferentes eventos reprodutivos) e progênes de aroeira (TPPA), instalado em 2022; *iii*) investigar a anatomia da madeira de *M. urundeuva* em amostras destrutivas, obtidas em no TPA (plantio) e em amostras de árvores de aroeira, que ocorrem em um sub-bosque de *Pinus* sp. (SUBP – ocorrência espontânea), instalado em 1988, no entorno do TPA. Em relação à fenotipagem de alto rendimento as árvores foram identificadas e fotografadas a partir do veículo não tripulado (VANT-DJI- Phantom 44 Pro V2) com câmaras (4 K, 20 MP). Verificou altos valores de correlação entre as duas metodologias (0,99). Assim, a aquisição de imagens por VANT pode ser realizada sem prejuízos nas estimativas e mensurações dos caracteres de crescimento e com ganho de tempo nas atividades de campo. No que se refere ao TPPA, empregou-se a metodologia do modelo linear misto, por meio do procedimento REML/BLUP, nas estimativas dos parâmetros genéticos. Verificou-se que, tanto as progênes provenientes diretamente da POP-BAS como as de outros eventos reprodutivos da POP-BAS apresentaram variação genética, que permite a sua utilização em programas de conservação e melhoramento genético. Quanto a anatomia da madeira mensurou-se o diâmetro e a densidade de vasos. Para tanto, utilizou-se a análise de variância paramétrica e o teste de comparações múltiplas Holm-Sidak. Constatou-se que nas amostras do TPA o diâmetro e a densidade dos vasos são maiores em nível do dap (diâmetro a altura do peito), do que no SUBP. Assim, destaca-se a viabilidade da utilização da fenotipagem de alto rendimento; a variabilidade genética da população base de *M. urundeuva* e as diferenças anatômicas na madeira em condições de plantio e espontânea, o que evidenciou a diferença de idade entre as árvores.

Palavras-chave: anatomia da madeira; aroeira; caracteres de crescimento; fenotipagem de alto rendimento; teste de progênes.

ABSTRACT

Mastering new data collection techniques in the field and knowledge of the genetics and anatomy of wood from native tree species is fundamental to establishing conservation and genetic improvement strategies. Thus, from a base population of aroeira (POP-BAS - *Myracrodruon urundeuva*), which occurs in the region of Selvíria, MS, the following objectives were proposed: i) compare the traditional methodology of collecting data in the field with the phenotyping of high yield in a mastic progeny test (TPA), installed in 1987; ii) know the genetic variation for plant height in a test of provenances (subpopulations from different reproductive events) and progenies of aroeira (TPPA), installed in 2022; iii) investigate the anatomy of *M. urundeuva* wood in destructive samples, obtained in the TPA (planting) and in samples from mastic trees, which occur in an understory of *Pinus sp.* (SUBP – spontaneous occurrence), installed in 1988, around the TPA. Regarding high-throughput phenotyping, the trees were identified and photographed from the unmanned vehicle (UAV-DJI- Phantom 44 Pro V2) with cameras (4 K, 20 MP). High correlation values were found between the two methodologies (0,99). Thus, image acquisition by UAV can be carried out without compromising the estimates and measurements of growth traits and saving time in field activities. With regard to TPPA, the linear mixed model methodology was used, through the REML/BLUP procedure, in the estimates of genetic parameters. It was found that both the progenies coming directly from POP-BAS and those from other POP-BAS reproductive events presented genetic variation, which allows their use in conservation and genetic improvement programs. Regarding the anatomy of the wood, the diameter and density of vessels were measured. To this end, parametric analysis of variance and the Holm-Sidak multiple comparison test were used. It was found that in the TPA samples the diameter and density of the vessels are greater at the dbh level (diameter at breast height) than in the SUBP. Thus, the feasibility of using high-throughput phenotyping stands out; the genetic variability of the base population of *M. urundeuva* and the anatomical differences in the wood under planting and spontaneous conditions, which highlighted the age difference between the trees.

Keywords: wood anatomy; Aroeira; growth traits; high-throughput phenotyping; progeny testing.

LISTA DE FIGURAS

- Figura 1** - Série histórica do total de focos ativos detectados pelo satélite de referência, no período de 1998 até 27/09/2020..... 24
- Figura 2** - Comparativo dos dados do ano corrente com os valores pluviométricos máximos, médios e mínimos, no período de 1998 até 27/09/2020..... 24
- Figura 3** - Anomalias na temperatura média, utilizando a climatologia de referência entre os anos de 1981 à 2010..... 25
- Figura 4** - Localização do pomar de sementes por mudas de *Myracrodruon urundeuva* na Fazenda de Ensino, Pesquisa e Extensão (FEPE) em Selvíria, MS..... 36
- Figura 5** - Dados espaciais em 3D e etapas realizadas. Transformação das fotos em modelo de altura do dossel (A); marco zero na superfície do solo (B); identificação de cada árvore e mensuração da altura (C) de *Myracrodruon urundeuva* em Selvíria-MS..... 38
- Figura 6** - Estimativas de parâmetros estatísticos e genéticos para altura por meio da avaliação na forma manual e por aquisição de imagens digitais pelos métodos QGIS, QTR e FUGRO. Média geral (a); coeficiente de variação genética aditiva individual e coeficiente de variação genotípica entre progênies (b); acurácia (c); herdabilidade individual dos efeitos aditivos e herdabilidade da média de progênies (d), em um teste de progênie de *Myracrodruon urundeuva* em Selvíria-MS aos 34 anos..... 43
- Figura 7** - Gráfico de dispersão das metodologias empregadas para avaliação da altura total dos indivíduos arbóreos, no eixo “x” – análise por imagens digitais utilizando o QGIS, QTR e FUGRO e no eixo “y” – AM, avaliação manual, respectivamente, para altura de plantas em um teste de progênies de *Myracrodruon urundeuva* em Selvíria, MS aos 34 anos..... 45
- Figura 8** - Localização da população base (POP-BAS) com as árvores matrizes na Fazenda Colina e de Ensino, Pesquisa e Extensão (FEPE), onde

	foram coletadas sementes de <i>Myracrodruon urundeuva</i> , obtidas por polinização aberta em diferentes eventos reprodutivos.....	61
Figura 9	- Localização da Fazenda de Ensino, Pesquisa e Extensão (FEPE), da Faculdade de Engenharia de Ilha Solteira (FEIS/UNESP) onde foram instalados os três testes de progênie que compõe o Banco Ativo de Germoplasma de <i>Myracrodruon urundeuva</i>	61
Figura 10	- Organograma da coleta de sementes de <i>Myracrodruon urundeuva</i> em diferentes eventos reprodutivos para formação dos testes de progênie na Fazenda de Ensino, Pesquisa e Extensão (FEPE), da Faculdade de Engenharia de Ilha Solteira (FEIS/UNESP).....	62
Figura 11	- Localização do Teste de Progênie de <i>Myracrodruon urundeuva</i> (TP-SOL) na Fazenda de Ensino, Pesquisa e Extensão (FEPE), da Faculdade de Engenharia de Ilha Solteira (FEIS/UNESP).....	63
Figura 12	- Localização do Teste de Progênie <i>Myracrodruon urundeuva</i> (TP-ACA) na Fazenda de Ensino, Pesquisa e Extensão (FEPE), da Faculdade de Engenharia de Ilha Solteira (FEIS/UNESP).....	64
Figura 13	- Localização do Teste de Progênie <i>Myracrodruon urundeuva</i> (TP-MIS) na Fazenda de Ensino, Pesquisa e Extensão (FEPE), da Faculdade de Engenharia de Ilha Solteira (FEIS/UNESP).....	65
Figura 14	- Localização do Teste de Procedência e Progênie de <i>Myracrodruon urundeuva</i> (TPP-2G) da Fazenda de Ensino, Pesquisa e Extensão (FEPE), da Faculdade de Engenharia de Ilha Solteira (FEIS/UNESP)...	69
Figura 15	- Correlação de Pearson para os caracteres físicos, fisiológicos e nutricionais em sementes de <i>Myracrodruon urundeuva</i> . a) POP-BAS; b) TP-ACA; c) TP-MIS e d) TP-PSOL.....	83
Figura 16	- Localização do Teste de Progênie TP-SOL.....	106
Figura 17	- A) Amostra de madeira com rebaixo nas costaneiras e parte central saliente. B) Polimento das amostras em micrótomo de deslize. C) Polimento das amostras com lixa de grã-fina. D) Detalhe da superfície transversal da madeira vista com lupa conta fios 10X.....	107

Figura 18	- A) Clareamento dos cortes com hipoclorito de sódio a 60% B) Microscópio com câmera fotográfica acoplada.....	107
Figura 19	- Variação axial do diâmetro e a densidade de vasos.....	108
Figura 20	- A) Clareamento dos cortes com hipoclorito de sódio a 60% B) Microscópio com câmera fotográfica acoplada.....	109
Figura 21	- Variação axial do diâmetro e a densidade de vasos de <i>Myracrodruon urundeuva</i>	111
Figura 22	- Comparação entre as posições axiais para o diâmetro e a densidade de vasos de <i>Myracrodruon urundeuva</i>	112

LISTA DE TABELAS

Tabela 1	- IBGE (Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística).....	17
Tabela 2	- EMBRAPA (Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária).....	19
Tabela 3	- MAPBIOMAS (Projeto Mapeamento Anual da Cobertura e Uso do Solo no Brasil).....	20
Tabela 4	- CAR (Cadastro Ambiental Rural).....	22
Tabela 5	- Coeficiente de Pearson (r), índice de concordância (d), índice de desempenho (c), eficiência do método (ef), obtidos mediante a comparação entre as medidas realizadas de forma manual e por meio da análise de imagens, para altura de plantas em um teste de progênies de <i>Myracrodruon urundeuva</i> em Selvíria, MS aos 34 anos..	44
Tabela 6	- Valores das médias das medidas realizadas de forma manual e por meio da análise de imagens na avaliação do caráter altura, valores do viés (Viés), erro médio absoluto (EMA) e erro máximo absoluto (EMAX) para altura de plantas em um teste de progênies de <i>Myracrodruon urundeuva</i> em Selvíria, MS aos 34 anos.....	47
Tabela 7	- Estimativas de parâmetros estatísticos e genéticos para o caráter DAP-Z (diâmetro a altura do peito), envolvendo a mesma população de <i>Myracrodruon urundeuva</i> (Selvíria, MS), mas procedente de três eventos reprodutivos, que deram origem aos testes de progênies: SOL (Pleno Sol), ACA (Aroeira x Candiúba), MIS (Aroeira x Gonçalo-alves x Capitão do Campo) e para a análise conjunta (ALL), padronizadas pela distribuição Z, em Selvíria-MS.....	75
Tabela 8	- Estimativa de parâmetros estatísticos para caracteres físicos, fisiológicos e nutricionais de sementes de <i>Myracrodruon urundeuva</i> ..	76
Tabela 9	- Estimativa do coeficiente de herdabilidade individual dos efeitos genotípicos (\hat{h}_g^2), coeficiente de herdabilidade da média de progênies (\hat{h}_m^2), coeficiente de variação genética individual (CV_{gi}) e coeficiente de variação relativa (CV_r) para os caracteres físicos e nutricionais de sementes de <i>Myracrodruon urundeuva</i>	79

Tabela 10	- Porcentagem de emergência para as sementes coletadas na POP-BAS e nos testes de progênies: TP-SOL, TP-ACA, TP-MIS.....	81
Tabela 11	- Correlação de Pearson para os caracteres físicos, fisiológicos e nutricionais em sementes de <i>Myracrodruon urundeuva</i> . a) POP-BAS; b) TP-ACA; c) TP-MIS e d) TP-PSOL.....	83
Tabela 12	- Estimativas de parâmetros estatísticos e genéticos para altura total (ALT, m) nas análises individuais para as populações: COL (POP-BAS), SOL (Pleno Sol), ACA (Aroeira x Candiúba), MIS (Gonçalo Alves x Capitão do Campo) e para a análise conjunta (ALL) em um teste de procedências e progênies de <i>Myracrodruon urundeuva</i> , envolvendo sementes coletadas em 2021 na POP-BAS e nos testes de progênies na região de Selvíria-MS, aos 6 meses de idade.....	85

LISTA DE SIGLAS E ABREVIATURAS

ABNT: Associação Brasileira de Normas Técnicas

CHM: Modelo de altura do dossel

FEPE: Fazenda de Ensino, Pesquisa e Extensão

GPS: Sistema de posicionamento global

LTR: Teste da razão de verossimilhança

POP-BAS: população base de aroeira

PSM: Pomar de sementes por mudas

REML/BLUP: Máxima verossimilhança restrita/melhor predição linear não viciada

RGB: Bandas vermelho, verde e azul

STBD: Serviço Técnico de Biblioteca e Documentação

SUBP: sub-bosque de *Pinus* sp.

TPA: teste de progênies de aroeira

TPPA: teste de procedências (subpopulações de diferentes eventos reprodutivos) e progênies de aroeira

Unesp: Universidade Estadual Paulista

VANT: Veículo aéreo não tripulado

LISTA DE SÍMBOLOS

$\hat{\sigma}_a^2$: Variância genética aditiva

$\hat{\sigma}_c^2$: Variância ambiental entre parcelas

$\hat{\sigma}_p^2$: Variância genética entre populações

$\hat{\sigma}_e^2$: Variância residual (ambiental+não aditiva)

$\hat{\sigma}_f^2$: Variância fenotípica individual

\hat{h}_a^2 : Herdabilidade, no sentido restrito, dos efeitos aditivos

\hat{h}_{aj}^2 : Herdabilidade, no sentido restrito, ajustada para os efeitos de parcela

\hat{h}_m^2 : Herdabilidade da média de progênes

\hat{h}_{ad}^2 : Herdabilidade aditiva dentro de parcela

$r_{\hat{a}a}$ Acurácia da seleção de progênes

\hat{C}_p^2 : Coeficientes de determinação dos efeitos de parcelas

CV_{gi} : Coeficientes de variação genética aditiva individual

CV_{gp} : Coeficiente de variação genotípica entre progenies

CV_r : Coeficiente de variação relativa

CV_e : Coeficiente de variação experimental

SUMÁRIO

1	INTRODUÇÃO.....	17
	REFERÊNCIAS.....	29
2	REVISÃO BIBLIOGRÁFICA - <i>Myracrodruon urundeuva</i>	30
	REFERÊNCIAS.....	32
3	FENOTIPAGEM DE ALTO RENDIMENTO PARA CARACTERIZAÇÃO GENÉTICA EM UM BANCO ATIVO DE GERMOPLASMA DE <i>Myracrodruon urundeuva</i>.....	34
	RESUMO.....	35
3.1	INTRODUÇÃO.....	36
3.1.1	Objetivo Geral.....	37
3.1.2	Objetivos Específicos.....	37
3.2	MATERIAL E MÉTODOS.....	37
3.2.1	Material.....	38
3.2.2	Métodos.....	39
3.2.3	Estimativa dos parâmetros genéticos.....	40
3.2.4	Validação das metodologias de fenotipagem de alto rendimento.....	42
3.3	RESULTADOS E DISCUSSÕES.....	43
3.4	CONCLUSÃO.....	50
	REFERENCIAS.....	51
	APÊNDICE 2.A – PARÂMETROS ESTATÍSTICOS E GENÉTICOS.	57
4	CARACTERIZAÇÃO GENÉTICA EM POPULAÇÕES DE <i>Myracrodruon urundeuva</i>.....	58
4.1	INTRODUÇÃO.....	59
4.1.1	Objetivo Geral.....	60
4.1.2	Objetivos Específicos.....	60
4.2	MATERIAL E MÉTODOS.....	60
4.2.1	Material.....	60
4.2.2	Métodos.....	62
4.2.2.1	<i>Testes de progênies de diferentes eventos reprodutivos.....</i>	<i>62</i>
4.2.2.2	<i>Análises físicas, fisiológicas e nutricionais em sementes.....</i>	<i>67</i>
4.2.2.3	<i>Teste de procedências e progênies de segunda geração - TPP-2G.....</i>	<i>68</i>

4.3	RESULTADOS E DISCUSSÃO.....	71
4.3.1	Testes de progênies obtidos a partir da população base e instalados em diferentes épocas.....	71
4.3.2	Caracteres físicos, fisiológicos e nutricionais em semente.....	75
4.3.3	Teste de procedências e progênies de segunda geração.....	83
4.4	CONCLUSÃO.....	86
	REFERÊNCIAS.....	87
	APÊNDICE 4.A – SEMENTES COLETADAS NO TESTE DE PROGÊNIE TP-SOL.....	90
	APÊNDICE 4.B – SEMENTES COLETADAS NO TESTE DE PROGÊNIE TP-ACA.....	91
	APÊNDICE 4.C – SEMENTES COLETADAS NO TESTE DE PROGÊNIE TP-MIS.....	91
	APÊNDICE 4.D – CORRELAÇÃO DE PEARSON.....	93
	ANEXO 4.A – CROQUI TP – SOL.....	94
	ANEXO 4.B – ANÁLISE FÍSICA E QUÍMICA DO SOLO TP – SOL....	95
	ANEXO 4.C - CROQUI TP – ACA.....	96
	ANEXO 4.D – ANÁLISE FÍSICA E QUÍMICA DO SOLO TP – ACA...	97
	ANEXO 4.E - CROQUI TP – MISTO.....	98
	ANEXO 4.F – ANÁLISE FÍSICA E QUÍMICA DO SOL TP – MISTO..	99
	ANEXO 4.G – CROQUI TP – 2G.....	100
	ANEXO 4.H – ANÁLISE FÍSICA E QUÍMICA DO SOL POP-BASE...	101
5	INVESTIGAÇÃO DA ANATOMIA DA MADEIRA DE UM BANCO ATIVO DE GERMOPLASMA DE <i>Myracrodruon urundeuva</i> E NO SUB-BOSQUE DE <i>Pinus caribaea</i>.....	102
5.1	INTRODUÇÃO.....	104
5.1.1	Objetivo Geral.....	105
5.1.2	Objetivos Específicos.....	105
5.2	MATERIAL E MÉTODOS.....	105
5.2.1	Teste de progênie TP-SOL.....	105
5.2.2	Amostragem.....	106
5.2.3	Determinação dos anéis de crescimento.....	108
5.2.4	Determinação do diâmetro e densidade de vasos.....	108

5.2.5	Análise dos dados.....	108
5.3	RESULTADOS E DISCUSSÃO.....	109
5.4	CONCLUSÃO.....	113
	REFERÊNCIAS.....	114
	APÊNDICE 5.A – ASPECTOS MACROSCÓPICO DA MADEIRA....	117
6	CONSIDERAÇÕES FINAIS.....	118

1 INTRODUÇÃO

As constantes pesquisas na área das ciências florestais, principalmente, com ênfase na conservação das florestas nativas e nas mudanças climáticas aliadas aos contínuos desmatamentos e queimadas, levaram à necessidade de um levantamento de dados dos biomas brasileiros o qual, só é possível mediante a determinação da delimitação da Mata Atlântica, Amazônia, Caatinga, Pantanal, Cerrado e Pampa.

O presente levantamento foi realizado em 2020 com dados de 3 empresas diferentes, a Embrapa (Empresa Brasileira de Agropecuária), o MapBiomas (Projeto Mapeamento Anual da Cobertura e Uso do Solo no Brasil) e o CAR (Cadastro Ambiental Rural) e 1 Instituto, o IBGE (Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística).

Tabela 1 – Levantamento de dados a partir do IBGE (Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística) no ano de 2020.

Amazônia	km²	%
Floresta Natural	3.416.391,23	80,76
Vegetação nativa		
não florestal	178.821,18	4,46
Áreas		
antropizadas	401.855,83	9,50
Vegetação		
secundária	125.635,01	2,97
Água	107.787,52	2,55
Área total	4.230.490,77	100,00
<hr/>		
Pantanal	km²	%
Floresta Natural	7.662,00	5,07
Vegetação nativa		
não florestal	123.527,00	81,70
Áreas		
antropizadas	17.439,90	11,54
Água	2.557,30	1,69
Área total	151.186,20	100,00

Cerrado	km²	%
Floresta Natural	751.943,49	36,73
Vegetação nativa		
não florestal	484.827,26	23,68
Áreas		
antropizadas	797.991,72	38,98
Água	12.383,88	0,60
Área total	2.047.146,35	100,00

Mata Atlântica	km²	%
Floresta Natural	230.900,49	21,80
Vegetação nativa		
não florestal	40.689,04	3,84
Áreas		
antropizadas	751.372,78	70,95
Formação		
pioneira	14.051,26	1,33
Água	15.364,13	1,45
Não classificado	6.650,15	0,63
Área total	1.059.027,85	100,00

Caatinga	km²	%
Floresta Natural	201.428,00	24,39
Vegetação nativa		
não florestal	316.889,00	38,38
Áreas		
antropizadas	299.616,00	36,28
Água	7.817,00	0,95
Área total	825.750,00	100,00

Pampa	km²	%
Floresta Natural	9.591,05	5,38
Vegetação nativa		
não florestal	64.058,69	35,94
Áreas		
antropizadas	86.788,70	48,70
Água	17.804,57	9,98
Área total	178.243,01	100,00

Fonte: Próprio autor.

Tabela 2 - Levantamento de dados a partir da EMBRAPA (Empresa Brasileira de Agropecuária) no ano de 2020.

	Hectares	
Áreas protegidas	(milhões)	%
Unidades de Conservação		
Integral	206	24,2
Terras indígenas		13,8
Unidades de Conservação		
Integral		10,4
Áreas protegidas e preservadas	423	49,8
Categorias	Área	%
Áreas destinadas a preservação da vegetação.	218.245.801	25,6
Unidades de conservação		
integral	88.429.181	10,4
Terras indígenas	117.338.721	13,8
Vegetação nativa em terra devoluta e não cadastrada		
	139.722.327	16,5

Categorias	Área	%
Pastagens plantadas	112.237.038	13,2
Lavouras	66.321.886	7,8
Florestas plantadas	10.203.367	1,2
Infraestrutura, cidades e outros	29.759.821	3,5
Total	850.280.588	100

Fonte: Próprio autor.

Tabela 3 - Levantamento de dados a partir do MAPBIOMAS (Projeto Mapeamento Anual da Cobertura e Uso do Solo no Brasil) no ano de 2020.

Amazônia	km²	%
Floresta total	3.363.451,54	77,30
Floresta plantada	1.524,00	0,04
Floresta natural	3.361.927,54	77,26
Área não vegetada	3.819,48	0,09
Água	106.101,38	2,44
Total	4.351.331,00	100,00

Caatinga	km²	%
Floresta total	502.019,61	58,20
Floresta plantada	54,65	0,01
Floresta natural	501.964,96	58,19
Área não vegetada	5.684,28	0,66
Água	6.658,61	0,77
Total	862.599,00	100,00

Cerrado	km²	%
Floresta total	923.731,96	46,55
Floresta plantada	32.135,33	1,62
Floresta natural	891.596,63	44,93
Área não vegetada	14.801,36	0,75

Cerrado	km²	%
Total	1.984.566,00	100,00

Pantanal	km²	%
Floresta total	43.437,84	28,78
Floresta plantada	1,74	0,00
Floresta natural	43.436,10	28,78
Área não vegetada	65,03	0,04
Água	3.475,40	2,30
Total	150.943,00	100,00

Mata Atlântica	km²	%
Floresta total	373.777,99	33,78
Floresta plantada	43.115,09	3,90
Floresta natural	330.662,90	29,88
Área não vegetada	22.085,80	2,00
Água	20.806,98	1,88
Total	1.106.560,00	100,00

Pampa	km²	%
Floresta total	29.854,95	15,40
Floresta plantada	4.645,45	2,40
Floresta natural	22.471,80	11,59
Área não vegetada	18.252,17	9,41
Água	18.252,17	9,41
Total	193.916,00	100,00

Fonte: Próprio autor.

Tabela 4 - Levantamento de dados a partir do CAR (Cadastro Ambiental Rural) no ano de 2020.

Amazônia	Área (Hectare)
Área cadastrada	220.063.455,01
Remanescente de vegetação nativa	92.614.759,59
Área de preservação permanente	6.685.161,00
Área de reserva legal	74.539.170,09
Caatinga	km²
Área cadastrada	47.649.448,06
Remanescente de vegetação nativa	17.161.966,55
Área de preservação permanente	1.213.410,31
Área de reserva legal	8.896.841,73
Cerrado	km²
Área cadastrada	160.966.999,95
Remanescente de vegetação nativa	56.514.994,75
Área de preservação permanente	7.404.371,78
Área de reserva legal	35.134.896,66
Pantanal	km²
Área cadastrada	13.683.481,80
Remanescente de vegetação nativa	8.407.705,25
Área de preservação permanente	439.757,52
Área de reserva legal	3.661.745,99
Mata Atlântica	km²
Área cadastrada	85.888.689,17
Remanescente de vegetação nativa	16.372.951,44
Área de preservação permanente	5.121.809,99
Área de reserva legal	11.615.798,88

Pampa	km²
Área cadastrada	15.451.576,47
Remanescente de vegetação nativa	1.927.201,80
Área de preservação permanente	823.467,61
Área de reserva legal	1.354.647,17

Fonte: Próprio autor.

Se averiguar o bioma Amazônia, por exemplo, verifica-se que, segundo os dados do IBGE, Tabela 1, a área total deste bioma é de 4.230.490,77 km², sendo que a formação florestal “vegetação nativa não florestal” é de 4,46% com relação à área total do bioma amazônica. Por seu turno, esta proporcionalidade altera-se drasticamente quando o bioma analisado é o Pantanal. Aqui, a formação florestal “vegetação nativa não florestal” é de 81,70% da área total do referido bioma (151.186,20 km²).

Se houver o enfoque na Tabela 3, do projeto Mapbiomas, verificar-se-á que, com respeito ao bioma Amazônia, as formações florestais “floresta plantada” e “área não vegetada”¹, em seu conjunto, correspondem à 0,13% da área total do bioma (4.351.331,00 km²).

Já com respeito ao bioma Pantanal, o projeto Mapbiomas apresenta, para as formações florestais “floresta plantada” e “área não plantada”, em seu conjunto, 0,04% de uma área total do bioma pantaneiro de 150.943,00 km².

Verifica-se que tanto as áreas dos biomas Amazônia e Pantanal, quando das formações florestais “não vegetadas” divergem significativamente. O mesmo acontece no bioma Cerrado, enquanto que para o IBGE a floresta natural corresponde a 36,73% da área do bioma, para o MAPBIOMAS representa 44,93%, ou seja, uma diferença de 139.653,14 km² de floresta natural.

Ressalta-se que o Brasil é um país que possui grande biodiversidade (Beech *et al.*, 2017), visto que cerca da metade de suas espécies arbóreas são endêmicas. A maior parte dessas espécies encontram-se no bioma cerrado, por possuir maior número de fitofisionomias, acarretando em elevada diversidade de espécies vegetais e animais (Coutinho, 2019, 2016; Durigan; Ratter, 2016; Pinheiro; Durigan, 2009). Entretanto, a imprecisão dos dados mapeados bem como as ações antrópicas nesse bioma levaram a perturbações do seu ecossistema e a fragmentação das florestas, colocando em risco de extinção de muitas espécies.

¹ Correlato subentendido, no projeto Mapbiomas, da formação florestal “vegetação nativa não florestal”, do IBGE.

Diante da imprecisão dos dados apresentados, da necessidade de conhecer, manejar e conservar as florestas nativas e das mudanças climáticas vinculadas aos desmatamentos e incêndios, faz-se necessário o levantamento dos dados florestais. Assim, o inventário florestal é a principal fonte de informações dos recursos de determinada população (Péllico Neto, 1997; Hentz, 2018).

Verifica-se que conforme as análises realizadas com os dados apresentados nas Tabelas 1,2 e 3, as áreas florestais são extensas, sendo necessário utilizar técnicas de amostragem, nas quais alguns indivíduos de determinada população são amostrados a fim de estimar toda a população (Pimentel-Gomes; Garcia, 2002; Vencovsky; Barriga, 1992).

Todavia, mesmo utilizando as técnicas de amostragem, o inventário florestal tem elevado custo, devido as grandes áreas, as dificuldades de acesso as mesmas, ao tempo gasto, a mão de obra, ao rigoroso limite de margem de erro e as avaliações dos parâmetros genéticos a fim de conservação e, posterior melhoramento de plantas (Hentz, 2018; West, 2015).

Por isso, caracteres silviculturais, principalmente altura e diâmetro a altura do peito são coletados e utilizados para estimar os demais indivíduos (características silviculturais) e, posteriormente, os parâmetros genéticos a partir de modelos estatísticos.

Ao comparar as metodologias de avaliação, verificou-se que não houve impacto significativo na medição da altura utilizando métodos destrutivos, ou seja, mensurados a partir do corte dos indivíduos em campo, e instrumentos convencionais, como o hipsômetro vertex, para as espécies *Pinus sylvestris* L., *Picea abies* (L.) H. Karst, *Larix decidua* Mill., *Abies alba* Mill., *Quercus robur* L., *Fagus sylvatica* L., *Alnus glutinosa* Gaertn. e *Betula pendula* Roth (Reynolds *et al.*, 2019).

Nesse sentido, para espécies florestais, o hipsômetro vertex pode ser utilizado como um instrumento de medição da altura em campo. Assim, novas metodologias têm sido estudadas em todos os biomas brasileiros. Na Caatinga, a fim de realizar o levantamento da biomassa vegetal, comparou-se diferentes índices de vegetação do espectro visível, obtido através de câmeras RGB (Fonseca, 2020).

A integração de variáveis de sensoriamento remoto no inventário florestal por meio de novas metodologias e estimativas, pode ser vantajoso para o mapeamento da distribuição dos indivíduos em determinada área, conforme verificado para populações de *Tectona grandis* L. f., de 19 anos (Pfutz *et al.*, 2022).

Entretanto, as técnicas de amostragem em campo devem ser precisas, a fim de que a aplicação desses modelos estatísticos gerem os menores erros de estimativa possíveis. Por isso, novas técnicas de amostragem em campo tem sido desenvolvidas. Dentre elas está o uso das

técnicas tradicionais de amostragem em campo combinado com técnicas de sensoriamento remoto (Dhondt *et al.*, 2013, Sanquetta *et al.*, 2014, West, 2015, Hentz, 2018). Dessa forma, é possível analisar os dados amostrados pelas técnicas clássicas, pelas técnicas remotas e confronta-los, diminuindo os componentes aleatórios e obtendo variáveis para modelos de estimativas. Além disso, tais informações podem ser utilizadas para delimitação de área e mapeamento, permitindo ainda redução das atividades de campo, em tempo e mão de obra.

Há alguns anos, o sensoriamento remoto envolvia apenas o uso de fotografias aéreas, imagens de satélites, laser (aéreo e terrestre) e radares, contudo, tais recursos eram onerosos e de difíceis acessos. Atualmente, o uso de veículos aéreos não tripulados (VANTs) com câmeras embarcadas tem sido amplamente utilizado por possuir capacidade de coleta de dados com alta precisão e com preço acessível (Hentz, 2018; Pádua *et al.*, 2017; Dhondt *et al.*, 2013).

Apesar das vantagens, ainda são poucos os estudos encontrados na área florestal com o uso dos VANTs que englobam o inventário e manejo florestal (Hyypä, J. *et al.*, 2015). Mais restritos ainda são os estudos que visam a conservação das espécies florestais e seu melhoramento genético. Dentro desse contexto, foi avaliada a possibilidade da utilização de fotografias obtidas com o uso de VANT para a estimativa dos parâmetros genéticos de duas populações de *Myracrodruon urundeuva* provenientes de áreas antropizadas no bioma Cerrado.

O bioma Cerrado é o segundo maior bioma brasileiro, situando-se no centro do país e conectando os demais biomas, exceto o Pampa (IBGE, 2020; Diniz *et al.*, 2010). O seu relevo é geralmente plano, intemperizado, ácido, com baixo teor nutricional e alto índice de alumínio e ferro (Lopes; Cox, 1977). O clima é do tipo Aw na classificação de Köppen, com invernos secos e influenciado pelo regime hídrico (NIMER, 1989).

Tanto a extensão quanto a localização desse bioma permitiu uma paisagem dinâmica, marcadas por vários tipos de vegetação. De acordo com Durigan *et al.*, (2011), o bioma pode ser dividido em 5 diferentes tipos de fisionomia (campo limpo, campo sujo, campo cerrado, cerrado e cerradão). Já Coutinho (2016), divide o bioma em 7 tipos fisionômicos (campo limpo, campo sujo, campo cerrado, cerrado sensu stricto, cerradão, floresta semidistrófica e floresta eutrófica).

Apesar de tal “grandeza”, além de não possuir medidas de extensão territorial exatas, também não são conhecidas todas as espécies da fauna e da flora deste bioma, indicando que tanto a biodiversidade quanto os recursos genéticos, principalmente, de espécies arbóreas ainda são pouco conhecidos (Diniz *et al.*, 2010; Colli *et al.*, 2020). Além disso, devido a antropização do Cerrado, relacionada aos ciclos econômicos e a urbanização, inúmeras espécies arbóreas endêmicas ao bioma estão em riscos de extinção (Colli *et al.*, 2020).

Dentre tais espécies, está a *Myracrodruon urundeuva* restrita à América do Sul, encontrada na Argentina, Bolívia, Brasil e Paraguai. No Brasil, possui ampla distribuição, sendo encontrada principalmente nas regiões nordeste, sudeste, centro oeste e do Rio Grande do Sul, pertencendo assim aos estados do Maranhão, Piauí, Ceará, Rio Grande do Norte, Paraíba, Pernambuco, Sergipe, Bahia, Minas Gerais, Espírito Santo, Rio de Janeiro e São Paulo (Lorenzi, 2002; Melo, 1991; Santin, 1989).

Devido aos diversos usos da espécie, a crescente expansão agrícola dos ciclos produtivos brasileiros, a ocupação de terras sem planejamento, o constante desmatamento e a fragmentação da vegetação, a *M. urundeuva* está na lista de espécies em extinção (Aukar *et al.*, 2006; Gaino, 2009).

Assim, em meio ao desconhecimento da biodiversidade total dos biomas brasileiros, incluindo a variabilidade genética e, em específico ao Cerrado e da espécie *Myracrodruon urundeuva*, fez-se necessário o presente estudo.

Para atingir o objetivo, o trabalho foi organizado em três capítulos, sendo que nesses foram abordados:

O primeiro capítulo versou sobre o uso do sensoriamento remoto, mais precisamente a fenotipagem de alto rendimento para identificação de um teste de progênie e caracterização genética em um banco ativo de germoplasma de *Myracrodruon urundeuva*.

O segundo capítulo estudou a caracterização genética em populações de *Myracrodruon urundeuva*, mais precisamente os caracteres de crescimento originadas de diferentes eventos reprodutivos de uma procedência localizada em uma área de transição entre os biomas da Mata Atlântica e do Cerrado, Selvíria-MS, com grande perturbação antrópica.

Por fim, o terceiro capítulo investigou a anatomia da madeira da espécie *Myracrodruon urundeuva*, por meio do diâmetro e da densidade dos vasos da mesma, contribuindo assim com a conservação da variabilidade genética da mesma.

REFERÊNCIAS

- AUKAR, A. P. A. *et al.* Variação genética em progênies de *Myracrodruon urundeuva* F.F. & M.F. Allemão em três sistemas de cultivo. **Revista Árvore**, Viçosa, MG, v. 30, n. 3, p. 319-329, 2006.
- BEECH, E. *et al.* Global Tree Search: The first complete global database of tree species and country distributions. **Journal of Sustainable Forestry**, Oxford, v. 36, n. 5, p. 454-489, 2017. DOI: <http://dx.doi.org/10.1080/10549811.2017.1310049>.
- CRONQUIST, A. **An Integrated System of Classification of Flowering Plants**. New York, Columbia Univ. Press, p. 1262p, 1981.
- CADASTRO AMBIENTAL RURAL - CAR. Disponível em: <http://www.car.gov.br/#/>. Acesso em: 01 set. 2020.
- COLLI, G. R.; VIEIRA, C. R.; DIANESE, J. C. Biodiversity and conservation of the Cerrado: recent advances and old challenges. **Biodiversity and Conservation**, Dordrecht, v. 29, p. 1465-1475, 2020. DOI: <https://doi.org/10.1007/s10531-020-01967-x>
- COUTINHO, L. M. **Biomass brasileiros**. São Paulo: Oficina de textos, 2016. 160 p.
- COUTINHO, L. M. O conceito de bioma. **Acta Botanica Brasilica**, Belo Horizonte, v. 20, n. 1, p. 13-23, 2006. Disponível em: <http://www.scielo.br/pdf/abb/v20n1/02.pdf>. Acesso em: 18 mar. 2019
- DHONDT, S.; WUYTS, N.; INZÉ, D. Cell to whole-plant phenotyping: the best is yet to come. **Trends in Plant Science**, Cambridge, v. 18, n. 8, p. 428-439, 2013.
- DINIZ, I. R. *et al.* **Cerrado**: conhecimento científico quantitativo como subsídio para ações de conservação. Brasília, DF: Editora UnB, 2010.
- DURIGAN, G. **Manual para recuperação da vegetação do cerrado**. 3. ed. São Paulo: SMA, 2011. 19 p.
- DURIGAN, G.; RATTER, J. A. The need for a consistent fire policy for Cerrado conservation. **Journal of Applied Ecology**, Chichester, v. 53, p. 11-15, 2016.
- EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA - EMBRAPA. Resultados. Brasília, DF, 2020. Disponível em: <https://www.embrapa.br/car/resultados>. Acesso em: 02 fev. 2020.
- ENGLER, H.G.A. **Botanische Jahrbücher für Systematik, Pflanzengeschichte und Pflanzengeographie**. 1:45, 1881.
- GAINO, A. P. S. C. **Diversidade genética, sistema de reprodução e fluxo de pólen e uma população fragmentada de *Myracrodruon urundeuva* (F.F. & M. F. Allemão) para fins de conservação genética**. 2009. 134 f. Tese (Doutorado em Agronomia) – Faculdade de Engenharia, Universidade Estadual Paulista - Unesp, Ilha Solteira, 2009.

GOETHE, J. W. **Escritos sobre arte**. São Paulo: Associação Editorial Humanitas, 2008.

HENTZ, A. M. K. **Obtenção de informações dendométricas para inventário florestal automatizado por meio de veículo aéreo não tripulado (VANT)**. 2018. 238 f. Tese (Doutorado em Engenharia Florestal) – Universidade Federal do Paraná, Curitiba, 2018.

HYYPPÄ, J. *et al.* Remote sensing of forests from LiDAR and Radar. *In*: THENKABAIL, P. S. (Ed.). **Land resources monitoring, modeling, and mapping with remote sensing**. Boca Raton: CRC, 2015. p. 397–428.

INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA - IBGE. **Manual técnico de vegetação brasileira**. Rio de Janeiro: IBGE, 1992.
<https://biblioteca.ibge.gov.br/visualizacao/monografias/GEBIS%20-%20RJ/ManuaisdeGeociencias/Manual%20Tecnico%20da%20Vegetacao%20Brasileira%20n.1.pdf>. Acesso em: 01 set. 2020.

INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA - IBGE. **Informações ambientais**. Rio de Janeiro: IBGE, 2020. Disponível em:
<https://www.ibge.gov.br/geociencias/informacoes-ambientais.html>. Acesso em: 01 set. 2020

INSTITUTO NACIONAL DE METEOROLOGIA - INMET. **[Gráficos climatológicos]**. Brasília, DF: INMET, 2020. Disponível em:
<https://clima.inmet.gov.br/GraficosClimatologicos/DF/83377>. Acesso em: 27 set. 2020.

INSTITUTO NACIONAL DE PESQUISAS ESPACIAIS - INPE. **Programa Queimadas do INPE**. Brasília, DF, 2020. http://queimadas.dgi.inpe.br/queimadas/portal-static/estatisticas_paises/. Acesso em: 28 set. 2020.

LOPES, A. S.; COX, F. R. Survey of fertility status of surface soils under Cerrado vegetation in Brazil. **Soil Science Society of America Journal**, Madison, v. 41, p. 742–747, 1977. Doi: <https://doi.org/10.2136/sssaj1977.03615995004100040026x>.

LORENZI, H. **Ávores Brasileiras**: manual de Identificação e cultivo de plantas arbóreas nativas do Braisl. 4. ed. Nova Odessa: Plantarum, 2002. 368 p.

MELO, J. T. **Aroeira**: características e aspectos silviculturais. Planaltina: Embrapa, 1991. 10. p.

MAPBIOMAS BRASIL. Projeto Mapeamento Anual da Cobertura e Uso do Solo no Brasil. [S. l.], 2020. Disponível em: https://mapbiomas.org/mapa-mural?cama_set_language=pt-BR_ Acesso: 01 set. 2020.

NIMER, E. **Climatologia do Brasil**. Rio de Janeiro: IBGE, 1989.

PÁDUA, L. *et al.* UAS, sensors, and data processing in agroforestry: a review towards practical applications. **International Journal of Remote Sensing**, Abingdon, v. 38, n. 8–10, p. 2349–2391, 2017.

PÉLLICO NETTO, S.; BRENA, D. A. **Inventário florestal**. Curitiba, 1997.

- PIMENTEL-GOMES, F.; GARCIA, C. H. **Estatística aplicada a experimentos agrônômicos e florestais**. Piracicaba: USP/Esalq, 2002. 309 p.
- PINHEIRO, E. S.; DURIGAN, G. Dinâmica espaço-temporal (1962-2006) das fitofisionomias em unidade de conservação do Cerrado no sudoeste do Brasil. **Revista Brasileira Botânica**, [s. l.], v. 32, n. 3, p. 441-454, 2009.
- SANQUETTA, C. R. *et al.* **Inventários Florestais: planejamento e execução**. 3. ed. Curitiba: Multi-Graphic, 2014.
- SANTIN, D. A. **Revisão taxonômica do gênero *Astronium* Jacq e revalidação do gênero *Myracrodruon* Fr. Allem (Anacardiaceae)**. 1989. 196 f. Tese (Doutorado) – Instituto de Biologia, Universidade Estadual de Campinas, Campinas, 1989.
- SILVA-LUZ, C. L. *et al.* **Anacardiaceae in flora e funga do Brasil**. Rio de Janeiro: Jardim Botânico, 2023. Disponível em: <https://floradobrasil.jbrj.gov.br/FB4382> . Acesso em: 04 out. 2023.
- VENCOVSKY, R.; BARRIGA, P. **Genética biométrica no fitomelhoramento**. Ribeirão Preto: Sociedade Brasileira de Genética, 1992. 496 p.
- WEST, P. W. **Tree and forest measurement**. New York: Springer, 2015.
- WHITE, J. C. *et al.* Remote sensing technologies for enhancing forest inventories: a review. **Canadian Journal of Remote Sensing**, Ottawa, v. 42, n. 5, p. 619–641, 2016.

2 REVISÃO DE LITERATURA

A espécie *Myracrodruon urundeuva* foi descrita primeiramente com a nomenclatura de *Astronium urundeuva* (M. Allemão) Engl. (Engler, 1881), posteriormente foi alterada para *Myracrodruon urundeuva* (M. Allemão) Engl (Cronquist, 1981), todavia, atualmente não há consenso acerca da nomenclatura, por exemplo, Lorenzi e Matos (2021) sugerem: *Astronium urundeuva* (M. Allemão) Engl. **Sin.:** *Myracrodruon urundeuva* M. Allemão, *Astronium gardneri* Mattick. Já o gênero *Myracrodruon*, foi descrito, inicialmente, em 1862, por Freire Allemão, levando suas iniciais até os dias atuais (Santin, 1989).

A espécie *M. urundeuva* é conhecida popularmente de várias formas, tais como aroeira, aroeira do sertão, aroeira preta, aroeira da serra, urundeúva, dentre outros (Lorenzi, 2002).

Dentre as características da família Anacardiaceae, a madeira é a mais exaltada, uma vez que possui boa qualidade, assim como a espécie *Astronium fraxinifolium*, vulgarmente conhecida como Gonçalo-Alves e, cujas características de madeira são similares ao gênero *Myracrodruon* (Souza; Lorenzi, 2005).

A aroeira, *M. urundeuva*, é restrita à América do Sul (Lorenzi, 2002; Melo, 1991; Santin, 1989) ocorrendo em ambiente secos, pedregoso e rochosos (Lorenzi, 2002; Santin, 1989) e por isso, ocupando os biomas da caatinga, cerrado, amazônia, pantanal e mata atlântica e englobando diferentes formações florestais, como floresta decidual semidecidual, floresta estacional decidual, cerrado, cerradão, caatinga, chaco e o pantanal mato-grossense (Carvalho, 1994).

De acordo com Lorenzi (2002) e Gaino (2009), a *M. urundeuva*, é uma planta decídua, heliófita e xerófito. Sua fenologia é bem explicada, com seu florescimento e sua frutificação ocorrendo entre os meses de junho e agosto, meses em que perdem as folhas (caducifólias) e sua brotação nos meses de novembro a fevereiro.

A espécie possui características morfológicas bem definidas, sendo uma espécie arbórea com variação de altura entre 6 a 25 metros, com diâmetro a altura do peito (DAP) variando entre 30 e 60 centímetros, dependendo da região e das condições ambientais (Lorenzi, 2002; Sant'ana, 2017).

É uma espécie considerada dioica, ou seja, possui os flores masculinas e flores femininas (Santin; Leitão Filho, 1991; SANT'ANA, 2017), porém podem conter flores monoica e/ou hermafrodita (Carvalho, 1994).

As espécies arbóreas que apresentam dioecismo, permite a associação e a ocorrência com outras espécies, acarretando em área mais heterogêneas, verifica-se na espécie da

Myracrodruon urundeuva (Tung *et al.*, 2011), na *Araucaria angustifolia* (Sebben *et al.*, 2001) e no *Genipa americana* (Manoel *et al.*, 2014).

Segundo Lorenzi (2002) e Sant'ana (2017), as inflorescências são do tipo paniculada terminais, com flores de coloração amarela, sendo a floração variada em cada estado: no estado de Pernambuco em janeiro, no Ceará entre março e abril, em Minas Gerais entre maio e julho e em São Paulo entre julho e agosto (Canuto, 2009). A polinização é cruzada, realizada por insetos pequenos, principalmente, pelas abelhas (Sant'ana, 2017).

Os frutos são aquênios com as sépalas persistentes, sendo a sua dispersão realizada por pássaros (Lorenzi, 2002). De acordo com Gaino (2009), as sementes são globosas e únicas, com tegumento membranáceo e com a presença de epicarpo castanho escuro, do mesocarpo castanho e ausência de endosperma. As sementes apresentam dormência embrionária e um comportamento ortodoxo (Medeiros, 1996) e as folhas são compostas e alternadas (Santini, 1989).

A madeira de *M. urundeuva* é conhecida pela durabilidade e resistência, decorrentes de características mecânicas e químicas (presença de álcoois, fenóis etc.). As árvores desta espécie possuem reconhecido valor econômico e dentre as diversas aplicações, pode-se citar a utilização da madeira para confecção de esteios, postes moirões, dormentes, mas como também suas flores na apicultura, as folhas maduras na alimentação do gado, do cerne é extraído tanino utilizado em curtume e a casca tem propriedades balsâmicas (Carvalho, 1994).

A árvore também é utilizada como ornamental e para reflorestamentos ambientais (Rizzini, 1971; Santin, Leitão Filho, 1991; Lorenzi, 1992; Carvalho, 1994). A madeira da *M. urundeuva* é registrada no Instituto de Pesquisas Tecnológicas (IPT) de São Paulo, como “durável”, ou seja, apresenta durabilidade secular. Sua excelente qualidade faz da *Myracrodruon urundeuva* uma raridade em madeira, tornando-a alvo de corte (Ribeiro, 1989).

Além da madeira, outra questão econômica importante é demanda por sementes de espécies nativas crescente para várias finalidades como recuperação de áreas degradadas, recomposição de reserva legal e área de preservação permanente e sistemas produtivos como sistema convencional (homogêneo), silvipastoril ou agroflorestal (Freitas *et al.*, 2005).

REFERÊNCIAS

- CARVALHO, P. E. R. **Espécies florestais brasileiras: recomendações silviculturais, potencialidade e uso da madeira.** Colombo: Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária – Centro Nacional de Pesquisas Florestais, 1994. 640 p.
- FREITAS, M. L. M.; SEBBENN, A. M.; ZANATTO, A. C. S.; MORAES, E.; HAYASHI P. H.; MORAES, M. L. T. Variação e parâmetros genéticos em dois bancos de germoplasma de *Tabebuia heptaphylla* (Velloso) Toledo. **Revista Instituto Florestal**, São Paulo, v. 20, n. 1, p.13-22, 2008,
- FREITAS, M. L. M.; AUKAR, A. P. A.; SEBBENN, A. M.; MORAES, M. L. T.; LEMOS, E. G. M. Variabilidade genética intrapopulacional em *Myracrodruon urundeuva* Fr. All. por marcador AFLP. **Scientia Forestalis**, Piracicaba, n. 68, p. 21-28, 2005.
- GAINO, A. P. S. C. **Diversidade genética, sistema de reprodução e fluxo de pólen e uma população fragmentada de *Myracrodruon urundeuva* (F.F. & M. F. Allemão) para fins de conservação genética.** 2009. 134 f. Tese (Doutorado em Agronomia) – Faculdade de Engenharia, Universidade Estadual Paulista “Júlio de Mesquita Filho”, Ilha Solteira, 2009.
- LORENZI, H. **Árvores brasileiras: manual de identificação e cultivo de plantas arbóreas nativas do Brasil.** Nova Odessa: Plantarum, 1992. 368 p.
- LORENZI, H. **Ávores Brasileiras: manual de Identificação e cultivo de plantas arbóreas nativas do Braisl.** 4. ed. Nova Odessa: Plantarum. São Paulo, 2002. 368 p.
- LORENZI, H.; MATOS, F.J.A. **Plantas medicinais no Brasil.** 3. ed. Nova Odessa: Jardim Botânico Plantarum, 2021. 544p.
- MANOEL, R. O.; FREITAS, M. L. M.; BARRETO, M. A.; MORAES, M. L. T.; SOUZA, A. P.; SEBBEN, A. M. Development and characterization of 32 microsatellite loci in *Genipa americana* (Rubiaceae). **Plant Sciences**, St Louis, v. 2, n. 3, p. 3, 2014.
- MEDEIROS, A. C. de S. **Comportamento fisiológico, conservação de germoplasma a longo prazo e previsão de longevidade de sementes de aroeira (*Astroniun urundeuva* (Fr. All.) Engl.)** 1996. 127 f. Tese (Doutorado em Agronomia) – Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinária, Universidade Estadual Paulista, Jaboticabal, 1996.
- MELO, J. T. **Aroeira: características e aspectos silviculturais.** Planaltina: Embrapa, 1991. 10. p.
- RIBEIRO, F. A.; FILHO, J. Z. Variação da densidade básica da madeira em espécies/procedências de *Eucalyptus* spp. **IPEF**, Piracicaba, n. 46, p. 76-85, 1993.
- RIBEIRO, J. H. Durável além de uma vida. **Globo Rural**, Rio de Janeiro, v. 5, n. 49, p. 85-90, 1989.
- RIZZINI, C. T. **Árvores e madeiras úteis do Brasil: manual de dendrologia brasileira.** São Paulo: Edgard Bücher, 1971. 294 p.

SANT'ANA, V. Z. **Proporção sexual em populações de *Myracrodruon urundeuva* para fins de formação de pomares de sementes por mudas**. 2017. 64 f. Dissertação (Mestrado em Agronomia) – Faculdade de Engenharia, Universidade Estadual Paulista “Júlio de Mesquita Filho”, Ilha Solteira, 2017.

SANTIN, D. A. **Revisão taxonômica do gênero *Astronium Jacq* e revalidação do gênero *Myracrodruon Fr. Allem (Anacardiaceae)***. 1989. 196 f. Tese (Doutorado) – Instituto de Biologia – Universidade Estadual de Campinas, Campinas, 1989.

SANTIN, D. A.; LEITÃO FILHO, H. de F. Restabelecimento e revisão taxonômica do gênero *Myracrodruon* Freire Allemão (Anacardiaceae). **Revista Brasileira Botânica**, São Paulo, v. 14, n. 2, p. 133-145, 1991.

SEBBEN, A. M.; ETTORI, L.C. Conservação genética *ex situ* de *Esenbeckia leiocarpa*, *Myracrodruon urundeuva* e *Peltophorum dubium* em testes de progênies misto. **Revista do Instituto Florestal**, São Paulo, v. 13, n. 2, p. 201-211, 2001.

SEBBEN, A. M.; FREITAS, M. L. M.; ZANATTO, A. C. S.; MORAES, E.; MORAES, M. A. Comportamento da variação genética entre e dentro de procedências e progênies de *Gallesia integrifolia* Vell. Moq. Para caracteres quantitativos. **Revista Instituto Florestal**, São Paulo, v. 21, n. 2, p. 151-163, 2009.

SEBBEN, A. M.; DEGEN, B.; AZEVEDO, V. C. R.; SILVA, M. B.; LACERDA, A. E.; CIAMPI, A. Y.; KANASHIRO, M.; CARNEIRO, F.; TOMPSON, I.; LOVELESS, L. D. Modelling the long-term impacts of selective logging on genetic diversity and demographic structure of four tropical tree species in the Amazon Forest. **Forest Ecology and Management**, Amsterdam, v. 254, n. 2, p. 335-349, 2008.

SILVA, G. A. P.; GOUVÊA, L. R. L.; VERARDI, C. K.; RESENDE, M. D. V.; SCALOPPI JUNIOR, J. E.; GONÇALVES, O. P. Parâmetros genéticos e da correlação em ciclos de medição início em seringueiras. **Euphytica**, Dordrecht, v. 189, 2012, 625-634.

SOUZA, V. C.; LORENZI, H. **Botânica Sistemática: guia ilustrado para identificação das famílias de angiospermas da flora brasileira, baseado em APG II**. Nova Odessa: Plantarum, 2005. 640 p.

TUNG; E. S. C.; FREITAS; M. L. M.; FLORSHEIM, S. M. B.; LIMA, I. L.; LONGUI, E. L.; MORAES, M. L. T.; SANTOS, F. W; SEBBEN, A. M. VARIAÇÃO, DIVERGÊNCIA E CORRELAÇÕES GENÉTICAS ENTRE CARACTERES SILVICULTURAIS E DENSIDADE BÁSICA DA MADEIRA EM PROGÊNIES DE *Myracrodruon urundeuva* (Engler) Fr. Allem. **Revista do Instituto Florestal**, São Paulo, v. 23, n. 1, p. 1-12, 2011.

3 FENOTIPAGEM DE ALTO RENDIMENTO PARA CARACTERIZAÇÃO GENÉTICA EM UM BANCO ATIVO DE GERMOPLASMA DE *Myracrodruon urundeuva* FR. All

RESUMO

O monitoramento em campo de áreas florestais é de suma importância para pesquisas relacionadas a conservação e melhoramento florestal. Entretanto, devido ao grande número de áreas, tanto fragmentadas, quanto de experimentação e a divergência de dados cadastrais sobre as delimitações dos biomas brasileiros, as informações podem ser extremamente onerosas e imprecisas. Assim, a adoção de novas tecnologias para otimizar o monitoramento e avaliações no campo pode ser um grande desafio para estudos de tais espécies. O trabalho teve como objetivo estimar a variabilidade genética em um teste de progênie de *Myracrodruon urundeuva* a partir da avaliação do caráter silvicultural altura pelo método tradicional e por processamento de imagens. Adicionalmente, propôs-se avaliar a acurácia de diferentes metodologias de fenotipagem de alto rendimento por meio de imagens digitais adquiridas por veículo aéreo não tripulado (VANT). Utilizou-se o procedimento REML/BLUP com a metodologia do modelo linear misto para estimar componentes de variância e parâmetros genéticos. Para isso, as fotografias foram transformadas em modelo de altura de dossel, admitindo o solo como marco zero e identificando e mensurando a altura dos indivíduos. O trabalho permitiu utilizar a fenotipagem de alto rendimento, via aquisição de imagens por VANT, para avaliação de caráter quantitativo e estimativas de parâmetros genéticos. Verificou-se que a fenotipagem de alto rendimento, via aquisição de imagens por VANT, pode ser realizada sem prejuízos nas estimativas de parâmetros genéticos, para o caractere quantitativo.

Palavras-chave: aroeira; modelagem; monitoramento; teste de progênie; validação.

ABSTRACT

Field monitoring of forest areas is extremely important for research related to forest conservation and improvement. However, due to the large number of areas, both fragmented and experimental, and the divergence of cadastral data on the delimitations of Brazilian biomes, the information can be extremely costly and inaccurate. Therefore, the adoption of new technologies to optimize monitoring and evaluations in the field can be a major challenge for studies of such species. The aim of the work was to estimate the genetic variability in a progeny test of *Myracrodruon urundeuva* based on the evaluation of the silvicultural character height using the traditional method and image processing. Additionally, it was proposed to evaluate the accuracy of different high-throughput phenotyping methodologies using digital images acquired by an unmanned vehicle (UAV). The REML/BLUP procedure was used with the linear mixed model methodology to estimate variance components and genetic parameters. For this, the photographs were transformed into a canopy height model, assuming the ground as ground zero and identifying and measuring the height of the individuals. The work allowed the use of high-throughput phenotyping, via UAV image acquisition, to evaluate quantitative character and estimate genetic parameters. It was found that high-throughput phenotyping, via UAV image acquisition, can be carried out without compromising the estimates of genetic parameters for quantitative traits.

Keywords: aroeira; modeling; monitoring; progeny test; validation.

3.1 INTRODUÇÃO

O Brasil possui uma extensa área territorial e garante a maior biodiversidade de espécies arbóreas do mundo (Beech *et al.*, 2017). Essas espécies são encontradas ao longo de seis biomas, dentre eles o Cerrado (Brasil, 2020). O mesmo é o segundo maior ecossistema brasileiro, situando-se no centro do país e conectando os demais biomas, exceto o Pampa (IBGE, 2020; Diniz *et al.*, 2010). Tanto a extensão quanto a localização desse bioma permitiu uma paisagem dinâmica, marcadas por vários tipos de vegetação.

Apesar de tal grandeza, no que tange as delimitações dos biomas brasileiros, principalmente o Cerrado, ainda há divergência nos bancos de dados cadastrais. Além disso, não são conhecidas todas as espécies da fauna e da flora deste, indicando que tanto a biodiversidade quanto os recursos genéticos, principalmente, de espécies arbóreas ainda são pouco conhecidos (Colli; Vieira; Dianese, 2020; IBGE, 2020). Além disso, devido a antropização do Cerrado, relacionada aos ciclos econômicos e a urbanização, inúmeras espécies arbóreas endêmicas ao ecossistema estão em riscos de extinção (Colli; Vieira; Dianese, 2020).

Em meio ao desconhecimento da biodiversidade total dos biomas brasileiros e, em específico ao Cerrado, aos constantes desmatamentos, aos incêndios naturais inerentes ao bioma e as mudanças climáticas, faz-se necessário o monitoramento, a amostragem e o uso das técnicas da conservação genética (Colli; Vieira; Dianese, 2020; IBGE, 2020; Frankham, 2010).

Para isso, estimar a variabilidade genética é fundamental. Os parâmetros genéticos como a herdabilidade e os coeficientes de variação podem determinar estratégias de conservação e seleção mais adequadas para superar as dificuldades na seleção de genótipos superiores, além de ampliar o conhecimento sobre a estrutura genética em populações de várias outras espécies arbóreas (Colli; Vieira; Dianese, 2020; Frankham, 2010).

A principal técnica de amostragem é o inventário florestal, contudo o mesmo tem elevado custo, devido as grandes áreas, as dificuldades de acesso as mesmas, ao tempo gasto, a mão de obra, ao rigoroso limite de margem de erro e as avaliações dos parâmetros genéticos a fim de conservação e, posterior melhoramento de plantas (Hentz, 2018; West, 2015).

Por isso, novas técnicas de amostragem em campo têm sido desenvolvidas. Dentre elas está o uso das técnicas tradicionais de amostragem em campo combinado com técnicas de sensoriamento remoto (Corte; Rodrigues, 2014; Sanquetta, 2014; West, 2015; Hentz, 2018).

Assim, é possível analisar os dados amostrados pelas técnicas clássicas, pelas técnicas remotas e confrontá-los, diminuindo os componentes aleatórios e obtendo variáveis para modelos de estimativas.

Embora o aprendizado de máquinas tem sido cada vez mais empregado na área florestal, ainda há muito pouco progresso em metodologias de pesquisa, principalmente nas etapas de coleta e processamento de dados (Liebisch, 2015).

O presente trabalho teve como objetivo propor uma nova metodologia para coleta e processamento de dados silviculturais, a partir de veículo não tripulado (VANT), em um teste de progênie por mudas de *Myracrodruon urundeuva*. Mais especificamente, o estudo visou otimizar as avaliações em campo para estimação de parâmetros genéticos e a variabilidade dentro desta população, procedente de área antropizada.

3.1.1 Objetivo Geral

Avaliar a eficiência da fenotipagem de alto rendimento em caracteres de crescimento, por meio de imagens digitais, em uma população de *Myracrodruon urundeuva* e estimar os parâmetros genético e a variabilidade entre e dentro desta população oriunda de áreas antropizadas.

3.1.2 Objetivos Específicos

- a) Avaliar a acurácia da técnica de fenotipagem de alto rendimento em caracteres de crescimento, por meio de imagens digitais, a partir da comparação com os dados obtidos pelo método manual;
- b) Avaliar a variação genética para os caracteres relacionados ao crescimento para o caráter altura.
- c) Validação do uso de metodologia de fenotipagem de alto rendimento como ferramenta para estimar parâmetros genéticos.

3.2 MATERIAL E MÉTODOS

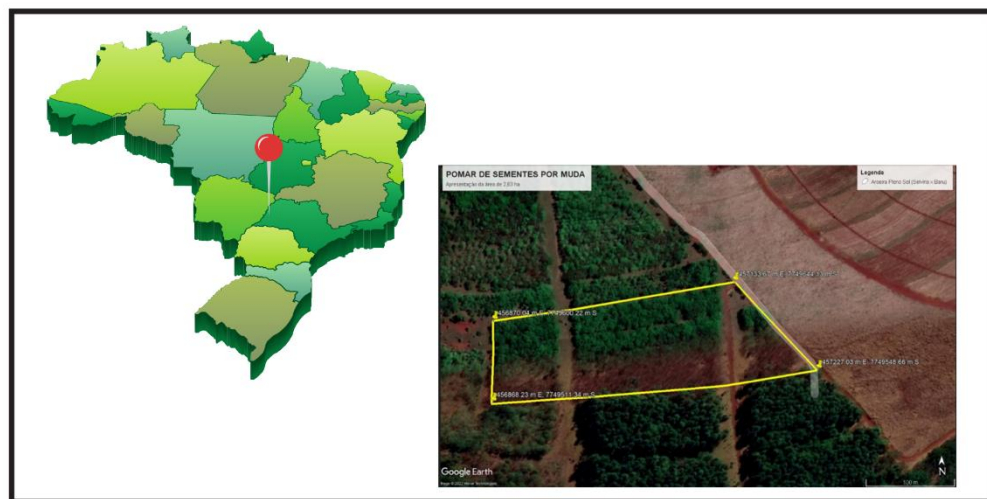
3.2.1 Material

As árvores matrizes da população natural de *Myracrodruon urundeuva* se encontram em fragmentos de Cerrado e em áreas de pastagens no município de Selvíria-MS. Em 1986 foram coletadas sementes de 28 árvores mães desta população, para a formação de mudas e instalação de um teste de progênies na Fazenda de Ensino, Pesquisa e Extensão (FEPE/Unesp)

localizada no mesmo município, da região Leste do estado do Mato Grosso do Sul (Figura 4). O teste foi instalado em 1987 e é composto por plantio homogêneo, em delineamento em blocos casualizados, com 28 progênies de polinização livre e três repetições e 10 plantas por parcela, na forma linear, no espaçamento 3 x 3 m.

Em 2019 houve o desbaste de 40% dos indivíduos com base no valor aditivo, por parcela. A área total do teste é de 2,63 hectares a 20°21'05,18"S; 51°24'43,35"W, 347 m de altitude. (Moraes, 1992). A classificação climática de Koeppen para a região é Aw (clima tropical com chuvas no verão), com precipitação anual de 1.331 mm e temperatura média anual de 22,6 °C (Moraes, 1992). Nessa região predominam dois tipos de solos: Argissolos Vermelho-Amarelo e Latossolos Vermelho-Amarelo (Moraes, 1992). Para a região da POP-SEL o tipo climático é Aw e uma precipitação média anual de 1.309,4 mm e 24,8 °C de temperatura média anual e o solo da região é um Latossolo Vermelho-Distrófico típico (Moraes, 1992).

Figura 4 - Localização do pomar de sementes por mudas de *Myracrodruon urundeuva* na Fazenda de Ensino, Pesquisa e Extensão (FEPE) em Selvíria, MS



Fonte: Próprio autor.

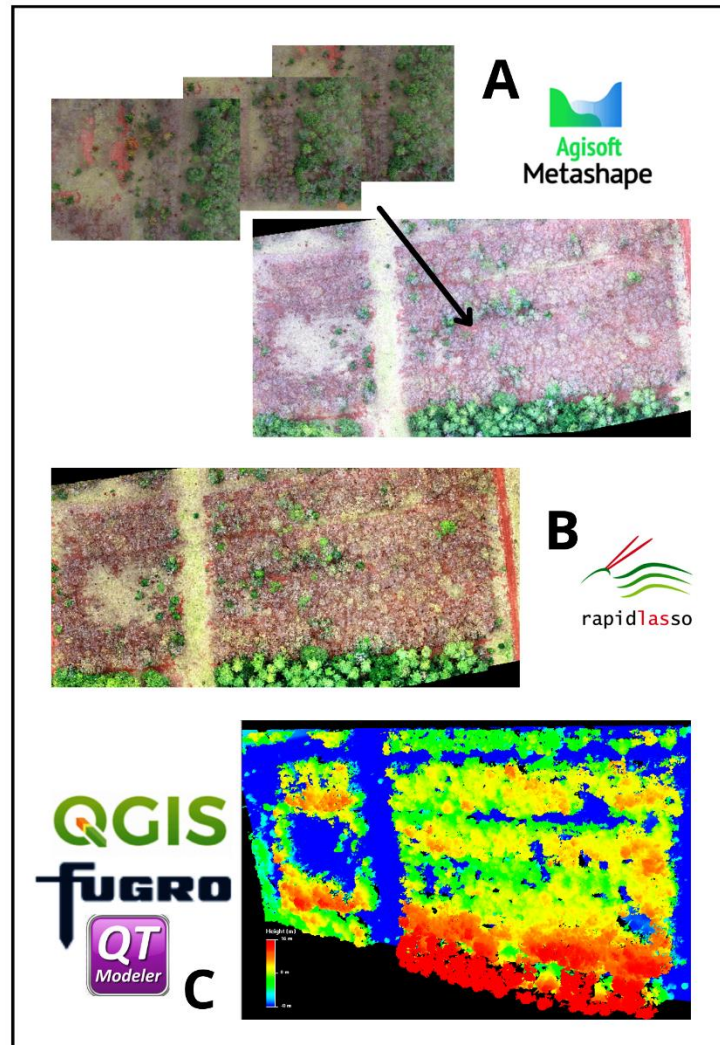
3.2.2 Métodos

Nos meses de maio e junho de 2021, avaliou-se o caráter silvicultural altura (m), uma vez que, para fins de monitoramento e modelagem é um caráter de fácil medição, tanto manual quanto por sensoriamento remoto e possui uma alta correlação genética com os demais caracteres de crescimento como por exemplo o diâmetro na altura do peito (Riva, 2020).

Inicialmente realizou-se a medição manual com o auxílio do telêmetro vertex IV. Após a avaliação manual, as progênies foram devidamente identificadas e fotografadas a partir do veículo não tripulado – VANT, DJI Phantom 4 Pro V2, com câmeras convencionais (4k, 20MP), bandas do vermelho, verde e azul (RGB) dentro do pomar de sementes por mudas. As coordenadas geográficas foram encontradas no Sistema UTM zona 22, para certificação, utilizou-se os marcos do Sistema de Posicionamento Global - GPS em campo e as coordenadas do VANT. A altura de voo para aquisição de imagens foi de 40 metros, com o *overlap* acima de 80%, sendo capturadas 113 fotos e 5.350.941 pontos. As imagens foram coletadas no dia 9 de julho de 2021, às 12:00 horas, sem a presença de nuvens.

O modelo de altura do dossel – CHM (Canopy Height Model) foi realizada por meio do software Agisoft Metashape (2021). O processamento dos dados, foi feito por meio do procedimento de mensuração de distâncias entre pontos estabelecidos pelo usuário, para isso, inicialmente, empregou-se o software Lastools a partir da ferramenta lasground.exe (Lastools, 2021). Posteriormente, utilizou-se os softwares Quantum GIS - QGIS (2021), Quick Terrain Modeler – QTM (2021) e Funderings-technik en Grondmechanica - FUGRO (2021) (Figura 5).

Figura 5 - Dados espaciais em 3D e etapas realizadas. Transformação das fotos em modelo de altura do dossel (A); marco zero na superfície do solo (B); identificação de cada árvore e mensuração da altura (C) de *Myracrodruon urundeuva* em Selvíria-MS.



Fonte: Próprio autor.

As imagens de referência (Figura 5) foram utilizadas no intuito de identificar as dimensões de cada pixel nas imagens. Por meio desta informação foi possível determinar um fator de conversão, que corresponde a 2,05 cm por pixel. De posse deste fator de conversão, foi possível mensurar a altura da árvore por meio de uma ferramenta que permite a seleção dos pontos de interesse na imagem. Posteriormente, com base nas distâncias em pixels entre os pontos e o fator de conversão de um pixel foi possível obter as distâncias em centímetros da altura de planta.

3.2.3 Estimativa dos parâmetros genéticos

As análises individuais para as estimativas dos componentes de variância e dos parâmetros genéticos do caractere avaliado no teste de progênes foi realizada de acordo com o procedimento REML/BLUP (máxima verossimilhança restrita/melhor predição linear não viciada), via metodologia dos modelos lineares mistos.

Para obtenção dessas estimativas foi empregado o programa de computador SELEGEN: conforme o modelo estatístico modelo 93 (Resende, 2007a, 2007b, 2016) (1).

$$y = Xr + Za + Wp + e \quad (1)$$

em que y , r , a , p e e são os vetores de dados, repetição, genéticos, parcelas e de erros. As matrizes de incidência dos referidos efeitos são as letras: X , Z e W (Resende, 2007a, 2007b).

A partir desse modelo foram estimados os seguintes parâmetros genéticos e estatísticos: variâncias: genética aditiva ($\hat{\sigma}_a^2$), ambiental entre parcelas ($\hat{\sigma}_c^2$), residual (ambiental+não aditiva) ($\hat{\sigma}_e^2$) e fenotípica individual ($\hat{\sigma}_f^2$); herdabilidades: individual dos efeitos aditivos (\hat{h}_{ad}^2), herdabilidade individual total, no sentido restrito (\hat{h}_a^2), herdabilidade de média de progênie (\hat{h}_m^2); acurácia (r_{aa}); coeficiente de variação genética aditiva individual (CV_{gi}), coeficiente de variação genotípica entre progênes (CV_{sp}) coeficiente de variação experimental (CV_e); coeficiente de variação relativa (CV_r), média geral; LRT (teste da razão de verossimilhança).

2.2.4 Validação das metodologias de fenotipagem de alto rendimento

Para a validação das metodologias propostas em comparação com o método tradicional, foram adotados alguns parâmetros para verificar a acurácia, a partir do software Genes (Resende, 2002).

a. Coeficiente angular (β) e coeficiente de determinação da regressão linear simples (R²) (2):

$$Y = \beta X + e \quad (2)$$

em que Y é o valor obtido a partir da análise de imagens, β é o coeficiente angular e X é o valor obtido pela mensuração manual. O valor de β foi testado pelo teste t, com $\alpha \leq 0,05$, cujas hipóteses foram $H_0: \beta = 1$, $H_1: \beta \neq 1$.

b. Utilizou-se o viés (Viés = $\hat{\beta} - 1$).

c. Correlação de Person, conforme classificação proposta por Cruz (2021) (3):

$$r = \frac{\sum_{i=1}^n (X_i - \bar{X}) \times (Y_i - \bar{Y})}{\sqrt{\sum_{i=1}^n (X_i - \bar{X})^2} \times \sqrt{\sum_{i=1}^n (Y_i - \bar{Y})^2}} \quad (3)$$

d. Índice de concordância (d) proposto por Hopkins (2021) (4):

$$d = 1 - \frac{\sum_{i=1}^n (X_i - Y_i)^2}{\sum_{i=1}^n (|Y_i - \bar{X}| + |X_i - \bar{X}|)^2} \quad (4)$$

e. índice de desempenho (c) proposto por Willmott (1985) (5):

$$c = r \times d \quad (5)$$

f. Eficiência do método (EF) proposto por Camargo e Sentelhas (1997) (6):

$$EF = \frac{\sum_{i=1}^n (X_i - \bar{X})^2 - \sum_{i=1}^n (X_i - Y_i)^2}{\sum_{i=1}^n (X_i - \bar{X})^2} \quad (6)$$

g. Erro médio absoluto (EMA) (7):

$$EMA = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n |X_i - Y_i| \quad (7)$$

h. Erro máximo absoluto (EMAX) (8):

$$EMAX = \text{MAX}(|X_i - Y_i|)_{i=1}^n \quad (8)$$

em que: X_i é o i-ésimo valor obtido com mensuração manual; Y_i é o i-ésimo valor observado a partir da análise de imagens; \bar{X} é a média dos valores obtidos pela mensuração manual e \bar{Y} é a média dos valores observados a partir da análise de imagens.

3.3 RESULTADOS E DISCUSSÕES

A distância de amostragem do solo é essencial para desenvolver o modelo de altura do dossel – CHM (Isabel; Holliday; Aitken, 2020; Lu *et al.*, 2019; Madec *et al.*, 2017; Wilke *et al.*, 2019). Assim, utilizou-se o software Lastools para a mensuração de distâncias entre pontos estabelecidos. Verificou-se que, utilizando o fator de conversão de 2,05 cm/pixel e uma densidade de nuvem mais baixa, é possível a criação do CHM com boa precisão. Isso está de acordo com os resultados obtidos para a cultura de trigo (Wilke *et al.*, 2019) e de milho (Isabel; Holliday; Aitken, 2020).

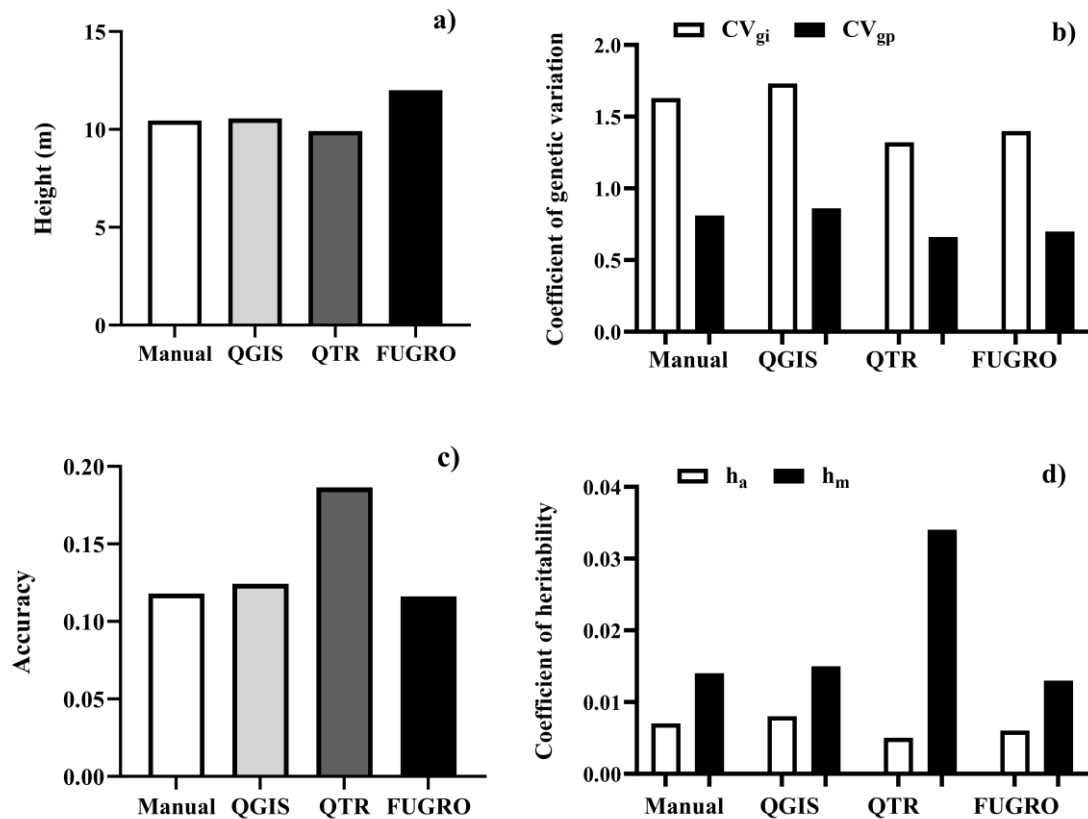
Aos 34 anos de idade, a altura média foi de 10,49 m pelo método tradicional (Tabela 6). Aos 31 anos de idade Resende (2007b), constatou uma média de altura de 11,93 m para a mesma espécie. Aos 32 anos de idade Martins *et al.* (2018) também observaram resultados semelhantes com a espécie *Balfourodendron riedelianum* com médias de 15,99 m. Portanto, os dados analisados estão de acordo com a literatura, confirmando que esta espécie é caracterizada por apresentar crescimento lento, como secundária tardia. Para as avaliações com uso de software QGIS, QTR e FUGRO as médias foram de 10,58 m, 8,66 m e 12,53 m respectivamente (Tabela 6). Além disso, a estatística realizada pelo teste F não apresentou diferenças significativas entre as progênies nas metodologias propostas. Dessa forma, verificou-se que não houve diferença entre os fatores de avaliação avaliados, indicando que os valores obtidos pelas metodologias foram próximos.

O coeficiente de variação genética pode ser um indicativo da presença de variabilidade genética, uma vez que expressa a magnitude da variação genética em relação à natureza do ambiente. Entretanto, o teste de progênies não apresentou substancial base genética, com variando de 1,32% (QTR) à 1,73% (QGIS) (Figura 6b).

Em relação a acurácia, não houve grande variação entre os métodos de avaliação (Figura 3c). A baixa magnitude deste parâmetro pode ser atrelada a forte presença do efeito ambiental, visto que existe grande número de falhas devido ao desbaste. Esta pode ser confirmada pelos valores do coeficiente de determinação dos efeitos de parcelas que foram próximos de 30% (Apêndice A).

Os coeficientes de herdabilidade apresentam variações conforme as idades das plantas. Até que haja completo estabelecimento e equilíbrio no campo, pode haver influência do ambiente, tanto maior quanto menor na manifestação dos caracteres de crescimento (Pimentel- Gomes; Garcia, 2002). Porém os valores deste parâmetro foram muito baixo em todas as metodologias, com cerca de 0,1, sugerindo que este caráter possui maior influência nos efeitos ambientais do que de natureza genética. (Figura 6d; Apêndice 2.A).

Figura 6 - Estimativas de parâmetros estatísticos e genéticos para altura por meio da avaliação na forma manual e por aquisição de imagens digitais pelos métodos QGIS, QTR e FUGRO. Média geral (a); coeficiente de variação genética aditiva individual e coeficiente de variação genotípica entre progênes (b); acurácia (c); herdabilidade individual dos efeitos aditivos e herdabilidade da média de progênes (d), em um teste de progênie de *Myracrodruon urundeuva* em Selvíria-MS aos 34 anos.



Fonte: Próprio autor.

O uso dos índices e correlações possibilita verificar e comparar duas ou mais metodologias. Nesse sentido, os valores das correlações de Pearson (r) foram superiores a 0,98, indicando elevado grau de associação linear entre as análises manuais e digitais, segundo classificação de Cruz (2021) (Tabela 5).

Contudo, de acordo com o método proposto por Camargo e Sentelhas (1997), os resultados obtidos pelo índice de eficiência comprovam conformidade entre os resultados apenas nos métodos de processamento de dados no software QGIS e FUGRO, onde os valores foram próximos a 1 (Tabela 5).

Encontrou-se valores para o r de 0,8 nas populações de *Eucalyptus* spp. (Bueno, 2021). Para a cultura da abóbora o menor coeficiente de Pearson (r) verificado foi de 0,99 (Aitken, 2020). Já para a cultura do trigo, encontrou-se alta correlação de Spearman (Wilke *et al.*, 2019).

O índice de concordância (d) proposto por Hopkins (2021), permite avaliar o afastamento dos valores obtidos pela avaliação manual e por meio de imagens. Tal índice pode variar de 0, sem concordância, à 1, indicando alta concordância. Nesse sentido o software QGIS obteve o maior índice 0,99 (Tabela 5).

Tabela 5 - Coeficiente de Pearson (r), índice de concordância (d), índice de desempenho (c), eficiência do método (ef), obtidos mediante a comparação entre as medidas realizadas de forma manual e por meio da análise de imagens, para altura de plantas em um teste de progênies de *Myracrodruon urundeuva* em Selvíria, MS aos 34 anos.

FV	r	d	c	ef
QGIS	0,99	0,99	0,99	0,98
QTR	0,97	0,44	0,38	-5,62
FUGRO	0,99	0,43	0,43	-7,32

Fonte: Próprio autor.

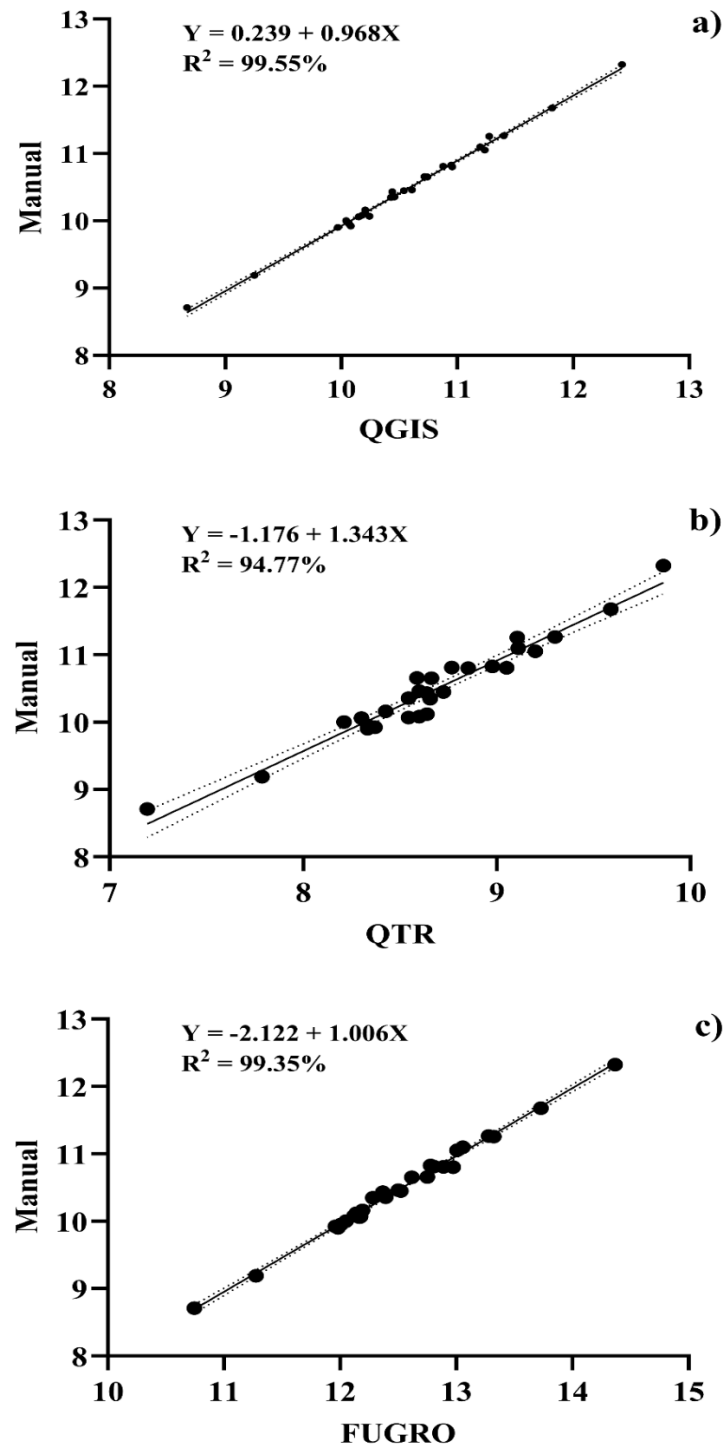
Ambas as metodologias também foram proporcionais na estimativa do coeficiente angular da regressão. Além disso, o coeficiente de determinação mostra a associação elevada entre os valores obtidos nas equações de regressão com R², sendo o menor resultado 98,45% para o software QTR.

A cultura da *Castanea sativa* Mill, instalada em baixa densidade, 110 indivíduos por hectare, verificou-se um coeficiente angular de regressão similar ao encontrado na presente pesquisa, de 0,98 (Giannetti *et al.*, 2018).

Encontrou-se valores similares para a cultura da *Olea europaea* L., no Rio Grande do Sul, em baixa densidade (Martins *et al.*, 2022).

O alto coeficiente também é relatado para as espécies *Pinus sylvestris* L., *Picea abies* (H. Karst.) L., *B. pendula* Roth e *B. pubescens* Ehrh, instalada em baixa densidade, 600 indivíduos por hectare (Perugia, 2019). Altos valores de coeficiente angular de regressão foram encontrados em Sistema Silvicultural com baixa densidade de espécies de *Eucalyptus* spp (Bueno, 2021).

Figura 7 - Gráfico de dispersão das metodologias empregadas para avaliação da altura total dos indivíduos arbóreos, no eixo “x” – análise por imagens digitais utilizando o QGIS, QTR e FUGRO e no eixo “y” – AM, avaliação manual, respectivamente, para altura de plantas em um teste de progênies de *Myracrodruon urundeuva* em Selvíria, MS aos 34 anos.



Fonte: Próprio autor.

Os autores Hassan *et al.* (2019), Volpato *et al.* (2021) e Wilke *et al.* (2019) descrevem algumas variáveis que podem ser fontes de erro na estimativa de altura de plantas, reduzindo assim os valores do viés, incluindo condições de campo na obtenção da imagem e posteriormente, problemas no processamento das mesmas.

Estudos com culturas anuais com espaçamento menor, apresentaram valores de viés negativos, sugerindo que, nesses casos, há maior dificuldade na criação do modelo de altura do dossel (Lu *et al.*, 2019). O mesmo não acontece frequentemente em espécies perenes como da *Tectona grandis* L. f e *Euterpe edulis* Martius (Pfutz *et al.*, 2022; Ciraque, 2022).

O valor do viés foi negativo apenas para a avaliação realizada pelo software QGIS, -0,31, indicando que as avaliações podem apresentar subestimação das medidas dos caracteres. Isso pode ter ocorrido por inúmeros motivos, desde o tamanho amostral restrito (Zacharias; Heatwole; Coakley, 1996), até condições de sombreamento (Chu *et al.*, 2017), calibração do VANT (Jin *et al.*, 2017) e/ou do tempo nublado (Mafanya *et al.*, 2018).

Estudos de fenotipagem de alto rendimento em espécies coníferas, também apresentaram valores de viés negativos, sendo assim subestimados, enquanto para a espécie *Quercus robur*, os valores foram superestimados, indicando que a espécie influencia na precisão do método (Reynolds *et al.*, 2019).

O mesmo não ocorreu nas avaliações realizadas nas florestas mediterrâneas que apontaram valores subestimados para as espécies *Cupressus sempervirens* L., *Pinus pinaster* Aiton, e *Quercus ilex* L. (Stereńczak *et al.*, 2019).

O fato coloca a questão de saber se o aumento da incerteza e, assim do viés, se origina das medições de campo ou da fenotipagem de alto rendimento (Giannetti *et al.*, 2018; Reynolds *et al.*, 2019; Stereńczak *et al.*, 2019).

Em contrapartida, os softwares QTR e o FUGRO apresentaram 0,3432 e 0,068, respectivamente (Tabela 6), mostrando que o fator de conversão de 2,05 cm/pixel pode ser suficiente para uma estimativa eficiente da altura da planta.

Verificou-se que o erro médio absoluto (EMA), cuja métrica apresenta valor mínimo de 0 e não apresenta valor máximo, não sofreu variações consideráveis (Tabela 6), isso é possível ser observado na Figura 5, em que os pontos seguem a reta linear de forma sequencial, ou seja, não há presença de pontos fora da curva “outliers”.

Esses valores podem ser evidenciados ainda pelo erro máximo absoluto (EMAX), uma vez que há baixa variação entre as avaliações, sendo a menor de 0,1 para o QGIS e 1,4 para o QTR (Tabela 6).

Tabela 6 - Valores das médias das medidas realizadas de forma manual e por meio da análise de imagens na avaliação do caráter altura, valores do viés (Viés), erro médio absoluto (EMA) e erro máximo absoluto (EMAX) para altura de plantas em um teste de progênes de *Myracrodruon urundeuva* em Selvíria, MS aos 34 anos.

FV	Média manual (m)	Média Digital (m)	Viés	EMA (m)	EMAX (m)
QGIS	10,49	10,58	-0,371	0,0986	0,1875
QTR	10,49	8,69	0,3432	1,8025	2,4611
FUGRO	10,49	12,53	0,0068	2,0366	2,1737

Fonte: Próprio autor.

O método da fenotipagem de alto rendimento obteve resultados semelhantes em várias culturas, utilizando outros equipamentos. Dentre elas está a Light Detection and Ranging – LiDAR, que permite uma maior detecção do alcance da luz, proporcionando maior precisão no modelo de altura do dossel (Holman *et al.*, 2016; Niedzielski; Jurecka, 2018). No entanto, quando se compara os custos para obtenção dos equipamentos: LiDAR e do RGB, verifica-se que é inviável a utilização do primeiro, uma vez que o mesmo possui maiores valores para aquisição e manutenção (Deery *et al.*, 2020), enquanto a câmera RGB possui bom desempenho (Guo *et al.*, 2018; Wang *et al.*, 2020). Verificou-se que para estimar o estoque de biomassa, a câmera RGB também atendeu o objetivo (Fonseca, 2020).

Verificou-se que as imagens coletadas pela câmera RGB possui alto potencial para a mensuração do caractere altura, conforme também descrito por Lopes (2007). A utilização de imagens digitais apresentou aptidão para auxiliar os programas de conservação e melhoramento de plantas.

3.4 CONCLUSÃO

O teste de progênie de *Myracrodrun urundeuva* permite utilizar a fenotipagem de alto rendimento, via aquisição de imagens por VANT, de forma eficiente e sem prejuízos nas estimativas de parâmetros genéticos, para os caracteres quantitativos.

A fenotipagem em testes de progênies permite uma visão mais ampla da distribuição espacial das plantas de cada uma das progênies no campo o que é fundamental no processo de recombinação entre os indivíduos na formação de sementes de boa qualidade genética.

A presente validação da metodologia de fenotipagem de alto rendimento em teste de progênies homogêneo possibilita a otimização da coleta e do processamento de dados em programas de conservação e melhoramento genético em espécies arbóreas longevas.

REFERÊNCIAS

- ARAÚJO, B. C. **Drones como ferramenta de gestão florestal**: desempenho dos índices IRAV (Índice Resistente à Atmosfera na Região Visível) e ITV (Índice Triangular Verde) na estimativa de volume de *Eucalyptus*. 2022. 50 f. Trabalho de conclusão de curso (Graduação em Engenharia Florestal) - Universidade Federal do Rio Grande do Norte, Macaíba, 2022.
- ARAUS, J. L. *et al.* Translating high-throughput phenotyping into genetic gain. **Trends in Plant Science**, Oxford, v. 23, p. 451-466, 2018. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.tplants.2018.02.001>.
- AVISE, J. C. Perspective: conservation genetics enters the genomics era. **Conservation Genetic**, Chene-Bourg, v. 11, p. 665-669, 2010. DOI: <https://doi.org/10.1007/s10592-009-0006-y>.
- AGISOFT METASHAPE. *Site*. [S. l.: s. n.], 2021. Disponível em: <https://www.agisoft.com/>. Acesso em: 12 out. 2021.
- AGUIAR, B. I. *et al.* Genetic control of silvicultural traits in *Balfourodendron riedelianum* (ENGL.) ENGL. **Sciendo**, Abingdon, v. 68, n. 1, p. 73-78, 2019.
- BEECH, E. *et al.* Global tree search: the first complete global database of tree species and country distributions. **Journal of Sustainable Forestry**, New York, v. 36, p. 1-37, 2017. DOI: <http://dx.doi.org/10.1080/10549811.2017.1310049>.
- BRASIL. Ministério do Meio Ambiente. *Site*. Brasília, DF, 2020. Disponível em: <https://www.mma.gov.br/mma-em-numeros.html>. Acesso em: 18 aug. 2020.
- BUENO, J. O. A. *et al.* Metodologia para estimar altura de árvores com base em imagens aéreas capturadas por drone. *In*: SIMPÓSIO NACIONAL DE INSTRUMENTAÇÃO AGROPECUÁRIA, 2019, [s. l.]. **Anais [...]** Brasília, DF: Embrapa, 2019. p. 48-52.
- BUENO, J. O. A. **Estimativa de altura utilizando imagens obtidas por drone em sistema integrado de produção agropecuária**. 2021. 86 f. (Mestrado em Ciências da Engenharia Ambiental) - Universidade de São Paulo, São Carlos, 2021.
- CAMARGO, A. P.; SENTELHAS, P. C. Avaliação do desempenho de diferentes métodos de estimativa da evapotranspiração potencial no estado de São Paulo. **Revista Brasileira de Agrometeorologia**, Santa Maria, v. 5, p. 89-97, 1997.
- CIRAQUE, R. A. **Uso de aeronaves remotamente pilotadas na estimativa de valor potencial de exploração sustentável de populações de *Euterpe edulis***. 2022. 97 f. (Mestrado em Agronomia) - Universidade Estadual Paulista, Botucatu, 2022.
- CHU, T. *et al.* Assessing lodging severity over an experimental maize (*Zea mays* L.) field using UAS images. **Remote Sensing**, [s. l.], v. 9, p. 1–24, 2017. DOI: <https://doi.org/10.3390/rs9090923>.

COLLI, G. R.; VIEIRA, C. R.; DIANESE, J. C. Biodiversity and conservation of the Cerrado: recent advances and old challenges. **Biodiversity and Conservation**, Dordrecht, v. 29, p. 1465-1475, 2020. Doi: <https://doi.org/10.1007/s10531-020-01967-x>.

CORTE, A. P. D. *et al.* Measuring Individual Tree Diameter and Height Using GatorEye High-Density UAV-Lidar in an Integrated Crop-Livestock-Forest System. **Remote Sensing**, [s. l.], v. 12, p. 1-15, 2020. DOI: 10.3390/rs12050863.

CRUZ, C. D. **Princípios de genética quantitativa**. Viçosa: UFV, 2005. 394 p.

DEERY, D. M. *et al.* Ground-based LiDAR improves phenotypic repeatability of above-ground biomass and crop growth rate in wheat. **Plant Phenomics**, [s. l.], p. 1–11, 2020. DOI: <https://doi.org/10.34133/2020/8329798>.

DINIZ, I. R. *et al.* **Cerrado**: conhecimento científico quantitativo como subsídio para ações de conservação. Brasília, DF: Editora UnB, 2010. 496 p.

ETTORI, L. C.; FIGLIOLIA, M. B.; SATO, A. S. Conservação ex situ dos recursos genéticos de espécies florestais nativas: situação atual no Instituto Florestal. *In*: HIGA, A. R.; SILVA, L. D. ed. **Pomar de sementes de espécies florestais nativas**. Curitiba: FUPEF, 2006. p. 203-225.

FENSTER, C. B. *et al.* Conservation and Genetics. **Yale Journal of Biology and Medicine**, New Haven, v. 91, p. 491-501, 2018.

FONSECA, C. A. L. **Uso de drone para estimativa de biomassa em áreas de Caatinga do estado de Pernambuco**. 2020. Dissertação (Mestrado em Tecnologias Energéticas e Nucleares) - Universidade Federal de Pernambuco, Recife, 2020.

FRANKHAM, R. Where are we in conservation genetics and where do we need to go? **Conservation Biology**, Malden, v. 11, p. 661–663, 2010. DOI: <https://doi.org/10.1007/s10592-009-0010-2>.

FUNDERINGSTECHNIEK EN GRONDMECHANICA - FUGRO. **Site**. [S. l.: s. n.], 2021. Disponível em: <https://www.fugro.com/>. Acesso em: 12 out. 2021.

GENES. **Site**. [S. l.: s. n.], 2021. Disponível em: <http://arquivo.ufv.br/dbg/genes/gdown1.htm>. Acesso em: 10 dez. 2021.

GIANNETTI, F. *et al.* Integrating terrestrial and airborne laser scanning for the assessment of single-tree attributes in Mediterranean forest stands. **European Journal of Remote Sensing**, [s. l.], v. 51, p. 795-807, 2018. Doi: <https://doi.org/10.1080/22797254.2018.1482733>.

GUO, Q. *et al.* Crop 3D—a LiDAR based platform for 3D high-throughput crop phenotyping. **Science China Life Sciences Journal**, [s. l.], v. 61, p. 328–339, 2018. DOI: <https://doi.org/10.1007/s11427-017-9056-0>.

HASSAN, M. A. *et al.* Accuracy assessment of plant height using an unmanned aerial vehicle for quantitative genomic analysis in bread wheat. **Plant Methods**, London, v. 15, p. 15-37, 2019. DOI: <https://doi.org/10.1186/s13007-019-0419-7>.

HENTZ, A. M. K. **Obtenção de informações dendométricas para inventário florestal automatizado por meio de veículo aéreo não tripulável (VANT)**. 2018. 239 f. Tese (Doutorado em Engenharia Florestal) - Universidade Federal do Paraná, Curitiba, 2018.

HOLDEREGGER, R. *et al.* Conservation genetics: linking science with practice. **Molecular Ecology**, Oxford, v. 28, p. 3848–3856, 2019. DOI: <https://doi.org/10.1111/mec.15202>.

HOLMAN, F. H. *et al.* High throughput field phenotyping of wheat plant height and growth rate in field plot trials using UAV based remote sensing. **Remote Sensing**, [s. l.], v. 8, p. 1031, 2016. DOI: <https://doi.org/10.3390/rs8121031>.

HOPKINS, W. G. **Correlation coefficient**: a new view of statistics. [S. l.: s. n.], 2021. <http://www.sportsci.org/resource/stats/correl.html>. Acesso em: 10 dez. 2021.

HUNTER, M. E. *et al.* Nextgeneration conservation genetics and biodiversity monitoring. **Evolutionary Applications**, London, v. 11, p. 1029–1034, 2018. DOI: <https://doi.org/10.1111/eva.12661>.

INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA - IBGE. *Site*. Rio de Janeiro, 2020. Disponível em: <https://www.ibge.gov.br/geociencias/informacoes-ambientais/15842-biomas.html>. Acesso em: 20 aug. 2020.

ISABEL, N; HOLLIDAY, J. A.; AITKEN, S. N. Forest genomics: advancing climate adaptation, forest health, productivity, and conservation. **Evolutionary Applications**, London, v. 13, p. 3-10, 2020. DOI: <https://doi.org/10.1111/eva.12902>.

JIN, X. *et al.* Estimates of plant density of wheat crops at emergence from very low altitude UAV imagery. **Remote Sensing of Environment**, New York, v. 198, p. 105–114, 2017. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.rse.2017.06.007>.

JURJEVIĆ, L. *et al.* Is field-measured tree height as reliable as believed – Part II, A comparison study of tree height estimates from conventional field measurement and low-cost close-range remote sensing in a deciduous forest. **Journal of Photogrammetry and Remote Sensing**, Amsterdam, v. 169, p. 227-241, 2020. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.isprsjprs.2020.09.014>.

LASTOOLS. *Site*. [S. l.: s. n.], 2021. Disponível em: <http://lastools.org/>. Acesso em: 12 out. 2021.

LIANG, X. *et al.* Forest in situ observations using unmanned aerial vehicle as an alternative of terrestrial measurements. **Forest Ecosystems**, [s. l.], v. 6, p. 1-16, 2019. DOI: <https://doi.org/10.1186/s40663-019-0173-3>.

LIEBISCH, F. *et al.* Remote, aerial phenotyping of maize traits with a mobile multi-sensor approach. **Plant Methods**, London, v. 11, p. 1-19, 2015. DOI: <https://doi.org/10.1186/s13007-015-0048-8>.

LOPES, E. A. C. **Correlação de viés no modelo de regressão normal assimétrico**. 2007. 113 f. Dissertação (Mestrado) - Universidade Federal de Pernambuco, Recife, 2007.

- LU, N. *et al.* Improved estimation of above-ground biomass in wheat from RGB imagery and point cloud data acquired with a low-cost unmanned aerial vehicle system. **Plant Methods**, London, v. 15, p.15-17, 2019. DOI: <https://doi.org/10.1186/s13007-019-0402-3>.
- MADEC, S. *et al.* High-throughput phenotyping of plant height: comparing unmanned aerial vehicles and ground LiDAR estimates. **Frontiers in Plant Science**, [s. l.], v. 8, p. 8-20, 2017. DOI: <https://doi.org/10.3389/fpls.2017.02002>.
- MACHADO JÚNIOR, R. *et al.* Digital phenotyping of winter squash fruits. **Genetics and Molecular Research**, [s. l.], v. 22, p. 1-12, 2023. DOI: <https://doi.org/10.4238/gmr18646>.
- MAFANYA, M. *et al.* Radiometric calibration framework for ultra-high-resolution UAV-derived orthomosaics for large-scale mapping of invasive alien plants in semiarid woodlands: *Harrisia pomanensis* as a case study. **International Journal of Remote Sensing**, Basingstoke, v. 39, p. 5119–5140, 2018. DOI: <https://doi.org/10.1080/01431161.2018.1490503>.
- MARTINS, M.T. *et al.* Use of unmanned aerial vehicle to collect biometric variables in an orchard of *Olea europaea* L. **Conjecturas**, [s. l.], v. 22, p. 524-540, 2022. DOI: 10.53660/CONJ-2193-2Z65.
- MARTINS, K. *et al.* Genetic variation and effective population size of a *Myracrodruon urundeuva* (Engler) FR. Allem. provenance and progeny test. **Journal of Forest Research**, Abingdon, v. 23, p. 228-236, 2018.
- MORAES, M. L. T. **Variabilidade genética por isoenzimas e caracteres quantitativos em duas populações naturais de aroeira *Myracrodruon urundeuva* F.F. & M.F. Allemão – Anacardiaceae (Syn: *Astronium urundeuva* (Fr. Allemão) Engler)**. 1992. 154 f. (Doutorado em Agronomia) - Universidade de São Paulo, Piracicaba, 1992.
- MORI, E. S. **Efeitos da competição intraespecífica na seleção de árvores superiores de *Eucalyptus saligna* Smith**. 1987. 98 f. (Mestrado em Engenharia Florestal) - Universidade de São Paulo, Piracicaba, 1987.
- NIEDZIELSKI, T.; JURECKA, M. Can clouds improve the performance of automated human detection in aerial images? **Pure and Applied Geophysics**, Basel, v. 175, p. 3343–3355, 2018. DOI: <https://doi.org/10.1007/s00024-018-1931-9>.
- PERUGIA, B. *et al.* Influence of scan density on the estimation of single-tree attributes by hand-held mobile laser scanning. **Forests**, [s. l.], v. 10, p. 277-289, 2019. DOI: <https://doi.org/10.3390/f10030277>.
- PFUTZ, I. F. P. *et al.* Geostatistical modeling and remotely sensed data to improve dendrometric variables prediction in *Tectona grandis* L. f. stand. **Revista Forestal Mesoamericana Kurú**, [s. l.], v. 19, p. 71-83, 2022. DOI: 10.18845/rfmk.v19i45.6327.
- PIMENTEL-GOMES, F.; GARCIA, C. H. **Estatística aplicada a experimentos agrônômicos e florestais**. Piracicaba: FEALQ, 2002. 309 p.

QUANTUM GIS - QGIS. **Site**. [S. l.: s. n.], 2021. Disponível em: https://qgis.org/pt_BR/site/. Acesso em: 12 out. 2021.

QUICK TERRAIN MODELER - QTM. **Site**. [S. l.: s. n.], 2021. Disponível em: <https://appliedimagery.com/>. Acesso em: 12 out. 2021.

RAMOS, J. C. A. **Emissão de co2, quantidade e qualidade do carbono do solo em sistemas agrícolas na região do cerrado do Mato Grosso do Sul**. 2018. 86 f. (Mestrado em Agronomia) - Universidade Estadual Paulista, Ilha Solteira, 2018.

RESENDE, M. D. V. Software Selegen – REML/BLUP: a useful tool for plant breeding. **Crop Breeding and Applied Bio-technology**, Viçosa, MS, v. 16, p. 330-339, 2016.

RESENDE, M. D. V. **Matemática e estatística na análise de experimentos e no melhoramento genético**. Colombo: Embrapa Florestas, 2007a. 561 p.

RESENDE, M. D. V. **SELEGEN-REML/BLUP: sistema estatístico e seleção genética computadorizada via modelos lineares mistos**. Colombo: Embrapa Florestas, 2007b. 359 p.

RESENDE, M. D. V. **Genética biométrica e estatística no melhoramento de plantas perenes**. Brasília, DF: Embrapa Informação Tecnológica, 2002. 975 p.

REYNOLDS, D. *et al.* What is cost-efficient phenotyping? Optimizing costs for different scenarios. **Plant Science**, Limerick, v. 282, p. 14–22, 2019. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.plantsci.2018.06.015>.

RIVA, L. C. **Crescimento, adaptação e qualidade da madeira em progênies de duas populações de *Myracrodruon urundeuva* procedentes de áreas antropizadas**. 2020. 91 f. (Mestrado em Agronomia) - Universidade Estadual Paulista, Ilha Solteira, 2020.

SANQUETTA, C. R.; CORTE, A. P. D.; RODRIGOS, L. F. **Inventários florestais: planejamento e execução**. 3. ed. Curitiba: Multi-Graphic, 2014. 406 p.

SCARPINATI, E. A. **Influência do modelo de análise estatística e da forma das parcelas experimentais na seleção de clones de *Eucalyptus spp.*** 2007. 68 f. (Mestrado em Agronomia) - Universidade Estadual Paulista, Jaboticabal, 2007.

STEREŃCZAK, K. *et al.* Factors influencing the accuracy of ground-based tree-height measurements for major European tree species. **Journal of Environmental Management**, London, v. 231, p. 1284–1292, 2019. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.jenvman.2018.09.100>.

VASCONCELLOS, B. N. **Estimativa de variáveis dendrométricas individuais de *Araucaria angustifolia* por meio de dados laser scanner aéreo e terrestre**. 2020. 185 f. (Doutorado em Engenharia Florestal) - Universidade Federal do Paraná, Curitiba, 2020.

VOLPATO, L. *et al.* High throughput field phenotyping for plant height using UAV-Based RGB imagery in wheat breeding lines: feasibility and validation. **Frontiers in Plant Science**, [s. l.], v. 12, p. 1-19, 2021. DOI: <https://doi.org/10.3389/fpls.2021.591587>.

WANG, X. *et al.* Field-based highthroughput phenotyping of plant height in Sorghum using different sensing technologies. **Plant Methods**, London, v. 14, p. 1–16, 2018. DOI: <https://doi.org/10.1186/s13007-018-0324-5>.

WEST, P. W. **Tree and forest measurement**. Springer: New York, 2015. 226 p.

WILLMOTT, C. J. *et al.* Statistics for evaluation and comparasion of models. **Journal of Geophysical Research**, Hoboken, v. 90, p. 8995-9005, 1985.

WILKE, N. *et al.* Quantifying lodging percentage and lodging severity using a UAV-based canopy height model combined with an objective threshold approach. **Remote Sensing**, [*s. l.*], v. 11, p. 11-51, 2019. DOI: <https://doi.org/10.3390/rs11050515>.

ZACHARIAS, S.; HEATWOLE, C. D.; COAKLEY, C. W. Robust quantitative techniques for validating pesticide transport models. **Transactions of the ASAE**, [*s. l.*], v. 39, p. 47-54, 1996.

APÊNDICE 3.A – PARÂMETROS ESTATÍSTICOS E GENÉTICOS

Tabela 2.A1 - Estimativas de parâmetros estatísticos e genéticos para o caráter altura (m) por meio da avaliação na forma manual e por aquisição de imagens digitais pelos métodos QGIS, QTR e FUGRO, em um teste de progênes de *Myracrodruon urundeuva* em Selvíria, MS aos 34 anos.

Estimativas	Manual	QGIS	QTR	FUGRO
$\hat{\sigma}_a^2$	0,0292	0,0334	0,0131	0,0283
$\hat{\sigma}_c^2$	1,2561	1,3135	0,7116	1,2366
$\hat{\sigma}_e^2$	2,7341	2,7896	1,6965	2,8181
$\hat{\sigma}_f^2$	4,0193	4,1365	2,4212	4,0830
r_{aa}	0,118	0,1243	0,1865	0,116
\hat{h}_{ad}^2	0,008	0,008	0,003	0,007
\hat{h}_a^2	0,007±0,02	0,008±0,02	0,005±0,01	0,007±0,02
\hat{h}_m^2	0,014	0,015	0,010	0,014
CV_{gi} (%)	1,63	1,73 (6,13%)	1,67 (2,45%)	1,40 (14,11%)
CV_{gp} (%)	0,81	0,86	8,18	0,70
CV_e (%)	11,83	11,96 (1,10%)	7,45 (37,02%)	10,43 (11,83%)
CV_r	0,07	0,07	0,10	0,07
\hat{m}	10,46	10,55 (0,86%)	9,92 (5,16%)	12 (14,72%)
LRT(χ^2)	0 ^{ns}	0 ^{ns}	0 ^{ns}	0 ^{ns}

Fonte: Próprio autor.

A partir desse modelo foram estimados os seguintes parâmetros genéticos e estatísticos: variâncias: genética aditiva ($\hat{\sigma}_a^2$), ambiental entre parcelas ($\hat{\sigma}_c^2$), residual (ambiental+não aditiva) ($\hat{\sigma}_e^2$) e fenotípica individual ($\hat{\sigma}_f^2$); (r_{aa}) acurácia; herdabilidades: individual dos efeitos aditivos (\hat{h}_{ad}^2), herdabilidade individual total, no sentido restrito (\hat{h}_a^2), herdabilidade de média de progênie (\hat{h}_m^2); acurácia ($r_{\hat{aa}}$); coeficiente de variação genética aditiva individual (CV_{gi}), coeficiente de variação genotípica entre progênies (CV_{sp}) coeficiente de variação experimental (CV_e); coeficiente de variação relativa (CV_r), média geral; LRT (teste da razão de verossimilhança).

4 CARACTERIZAÇÃO GENÉTICA EM POPULAÇÕES DE *Myracrodruon urundeuva* FR All.

RESUMO

O Brasil é o país com a maior diversidade de espécies arbóreas no mundo, porém o estado de conservação da maioria dessas espécies é desconhecido, uma vez que os intensos desmatamentos provocam a fragmentação das florestas. O presente trabalho teve como objetivo de estudar os caracteres de crescimento em diferentes populações de *Myracrodruon urundeuva*, originadas de diferentes eventos reprodutivos de uma mesma procedência em áreas de transição entre os biomas Mata Atlântica e Cerrado (Selvíria-MS) e com grande perturbação antrópica. Foi avaliado o diâmetro a altura do peito, em três testes de progênies instalados a partir de diferentes eventos reprodutivos e com diferentes idades. As análises individuais para as estimativas dos componentes de variância e dos parâmetros genéticos de cada um dos caracteres avaliados nos testes de progênies utilizaram o procedimento REML/BLUP via metodologia dos modelos lineares mistos. Analisou-se que o coeficiente de variação genética é superior na população de Colina, contudo a média é maior para os testes de progênie. Observou-se que nos quatro eventos reprodutivos houveram correlações diferentes, contudo, os testes de progênies possuem maior possibilidade de realização de seleções diretas e indiretas. O trabalho possibilitou verificar que a variabilidade genética nos testes de progênies de *Myracrodruon urundeuva* é suficiente para garantir a formação de novas populações.

Palavras-chave: aroeira; caracteres de crescimento; eventos reprodutivos; teste de progênie.

ABSTRACT

Brazil is the country with the greatest diversity of tree species in the world, but the conservation status of most of these species is unknown, since intense deforestation causes forest fragmentation. The present work aimed to study the growth characteristics of different populations of *Myracrodruon urundeuva*, originating from different reproductive events of the same origin in transition areas between the Atlantic Forest and Cerrado biomes (Selvária-MS) and with great anthropogenic disturbance. The diameter at breast height was evaluated in experiments in three progeny tests installed in different reproductive events and at different ages. Individual analyzes to estimate the variance components and genetic parameters of each of the characters evaluated in the progeny tests used the REML/BLUP procedure via linear mixed model methodology. It was analyzed that the coefficient of genetic variation is higher in the Colina population, however the average is higher for progeny tests. It was observed that in the four reproductive events there were different correlations, however, progeny tests have a greater possibility of carrying out direct and indirect selections. The work made it possible to verify that the genetic variability in the progeny tests of *Myracrodruon urundeuva* was sufficient to guarantee the formation of new populations.

Keywords: aroeira; growth traits; reproductive events; progeny testing.

4.1 INTRODUÇÃO

O Brasil é o país com a maior diversidade de espécies arbóreas no mundo, com cerca de 8.715 espécies, correspondendo a 14,5% de um total de 60.065 espécies registradas. Porém, quase 50% (4.333) dessas espécies são endêmicas no país (Beech *et al.*, 2017). Ressalta-se também que o estado de conservação da maioria dessas espécies é desconhecido, uma vez que os intensos desmatamentos provocam a fragmentação das florestas e isso gera dúvidas quanto à resistência e/ou resiliência de tais fragmentos frente a distúrbios, além da manutenção da biodiversidade local e regional, e a capacidade de manutenção do estoque de carbono existente na vegetação e nos solos.

Nesse sentido, a manutenção dos poucos fragmentos e a recuperação de áreas degradadas, representa um grande desafio ambiental. Um dos principais problemas é a insuficiente produção de mudas com alta qualidade genética o que pode acarretar insucesso de projetos de reflorestamento com espécies nativas (Ribas; Kageyama, 2006). Em vista dessa situação, na Fazenda de Ensino, Pesquisa e Extensão da Faculdade de Engenharia de Ilha Solteira/UNESP, por exemplo, possui vários testes de progênies visando a conservação e formação de pomares de sementes. Estes plantios começaram em 1987 e foram realizados estudos com várias espécies, diversos tipos de delineamentos experimentais, e hoje os indivíduos já estão estabelecidos e os desbastes já estão sendo feitos, conforme a liberação de autorização destes cortes por instituições governamentais, para tornarem Pomares de Sementes por mudas (PSM)

Assim, é possível estabelecer estudos sobre seu crescimento, adaptação e produção, através das análises genéticas com o passar dos anos. Quando o teste já está estabelecido na área, faz a seleção dos melhores genótipos, e em seguida, o desbaste dos indivíduos inferiores, evitando a contaminação genética nas sementes produzidas (Vencovsky; Barriga, 1992).

4.1.1 Objetivo Geral

O presente trabalho teve como objetivo de estudar os caracteres de crescimento em populações de *Myracrodruon urundeuva*, originadas de diferentes eventos reprodutivos de uma mesma procedência com grande perturbação antrópica.

4.1.2 Objetivos Específicos

- a) avaliar a variação genética dos testes de progênie para os caracteres relacionados ao crescimento (altura e dap);
- b) avaliar os testes de progênies para a disponibilização de sementes melhoradas geneticamente para programas de reflorestamento e melhoramento genético.
- c) Avaliar o teste de procedência e progênies de segunda geração aos seis meses de idade.

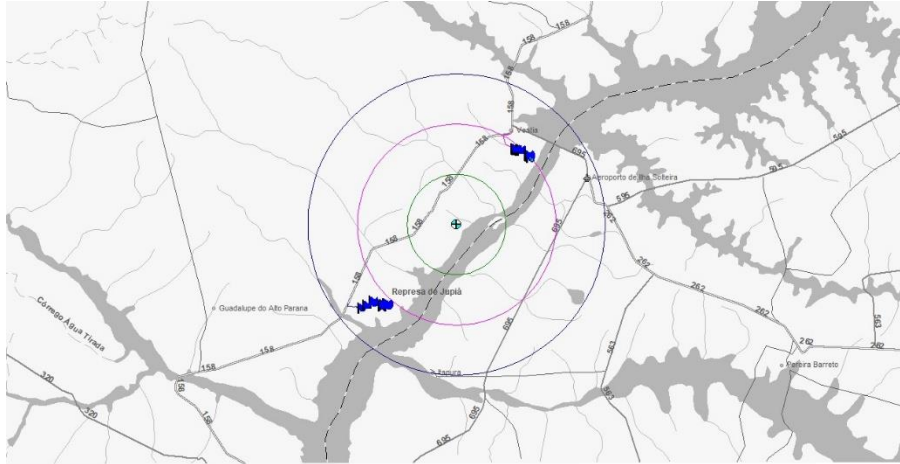
4.2 MATERIAL E MÉTODOS

4.2.1 Material

Em fragmentos florestais no bioma Cerrado, no município de Selvíria-MS, 20°22'02" S e 51°25'08" W – altitude 357 m, foram coletadas sementes de *Myracrodruon urundeuva*, obtidas na Fazenda Colina (População Base – POP-BAS) por polinização aberta em diferentes eventos reprodutivos (Figura 8), dando origem a 3 testes de progênies, que compõe o Banco Ativo de Germoplasma de *M. urundeuva* (BAG-A), instalado, na forma de testes de progênies, na Fazenda de Ensino, Pesquisa e Extensão (FEPE), da Faculdade de Engenharia de Ilha Solteira (FEIS/UNESP), localizada no município de Selvíria-MS (Figuras 9 e 10).

A classificação climática de Koeppen para a região de coleta é do tipo climático Aw, com precipitação média anual de 1.309,4 mm e 24,8 °C de temperatura média anual (UNESP, 2022). O solo da região é um Latossolo Vermelho-Distrófico típico (Santos *et al.*, 2018).

Figura 8 – Localização da população base (POP-BAS) com as árvores matrizes na Fazenda Colina e de Ensino, Pesquisa e Extensão (FEPE) em Selvíria-MS, onde foram coletadas sementes de *Myracrodruon urundeuva*, obtidas por polinização aberta em diferentes eventos reprodutivos



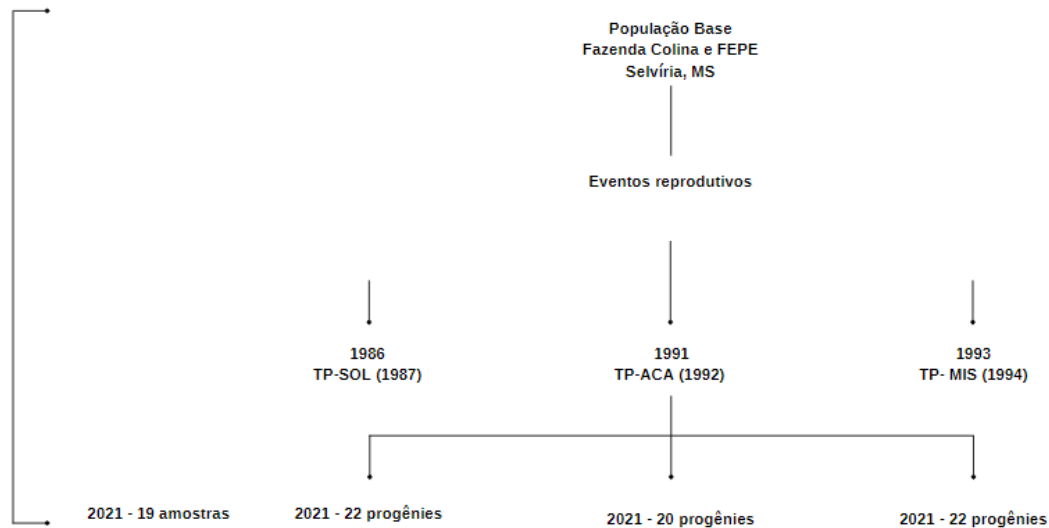
Fonte: Alexandre Marques da Silva

Figura 9 - Localização da Fazenda de Ensino, Pesquisa e Extensão (FEPE), da Faculdade de Engenharia de Ilha Solteira (FEIS/UNESP) em Selvíria-MS, onde foram instalados os três testes de progênes que compõe o Banco Ativo de Germoplasma de *Myracrodruon urundeuva*.



Fonte: Próprio autor.

Figura 10 – Organograma da coleta de sementes de *Myracrodruon urundeuva* em diferentes eventos reprodutivos para formação dos testes de progênie na Fazenda de Ensino, Pesquisa e Extensão (FEPE), da Faculdade de Engenharia de Ilha Solteira (FEIS/UNESP).



Fonte: Próprio autor.

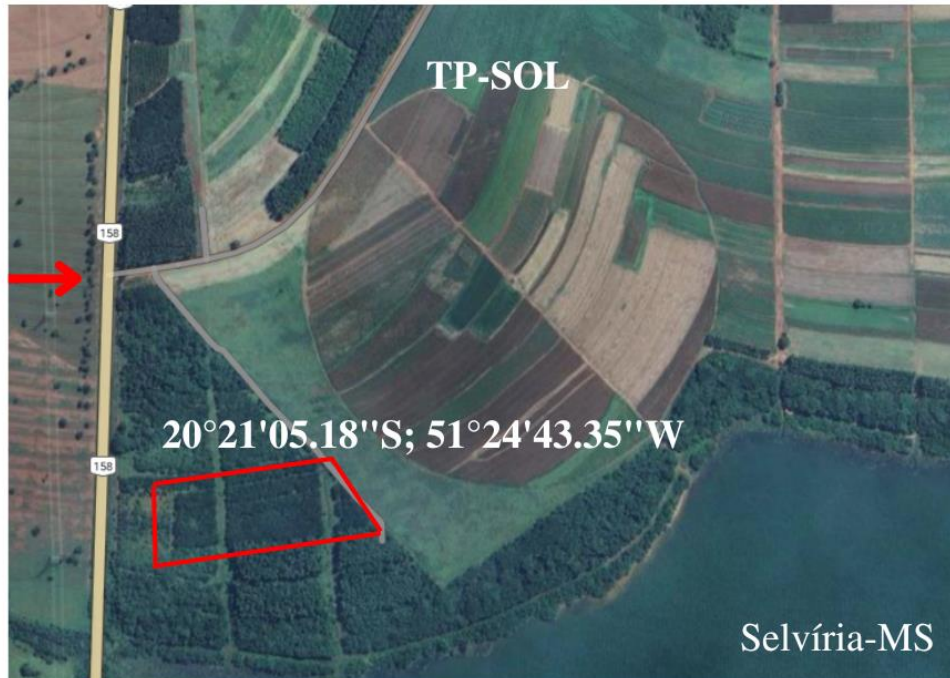
4.2.2 Material

4.2.2.1 Testes de progênies de diferentes eventos reprodutivos

a) Teste de progênies TP-SOL

As sementes de *M. urundeuva* foram coletadas no município de Selvíria-MS em 1986, sendo o teste instalado em dezembro de 1987, nas coordenadas 20°21'05.18"S; 51°24'43.35"W, 347 m de altitude, em delineamento de blocos casualizados com 28 progênies, 3 repetições e espaçamento de 3 x 3 m (Figura 11). No qual é feito o monitoramento silvicultural e análise de parâmetros genético ao longo dos anos e desta forma permitiu realizar um desbaste de 40% em 2019 visando a retirada dos indivíduos com menores valores aditivos (Baleroni *et al.*, 2003; Canuto *et al.*, 2017; Moraes, 1987; Moraes *et al.*, 1992; Moraes, 2012; Tung *et al.*, 2010; Tung *et al.*, 2011; Riva, 2020; Santana, 2017) (Anexo A - Croqui; Anexo B - Análise de solo).

Figura 11 - Localização do Teste de Progênie de *Myracrodruon urundeuva* (TP-SOL) na Fazenda de Ensino, Pesquisa e Extensão (FEPE), da Faculdade de Engenharia de Ilha Solteira (FEIS/UNESP).



Fonte: Próprio autor.

b) Teste de progênies TP-ACA

As sementes de *M. urundeuva* foram coletadas no município de Selvíria-MS em setembro de 1991, sendo o teste foi instalado em 26 de fevereiro de 1992, nas coordenadas 20°20'27.65" S, 51°23'50.56"W e 360 m de altitude, em delineamento de blocos casualizados com 25 progênies, 6 repetições e espaçamento de 3 x 3 m (Figura 10). No qual é feito o monitoramento silvicultural e análise de parâmetros genético ao longo dos anos (Baleroni, 2003; Guerra *et al.*, 2009; Moraes, 2012; Viegas *et al.*, 2009; SATO, 2019) (Anexo C - Croqui; Anexo D - Análise de solo).

Figura 12 - Localização do Teste de Progênie *Myracrodruon urundeuva* (TP-ACA) na Fazenda de Ensino, Pesquisa e Extensão (FEPE), da Faculdade de Engenharia de Ilha Solteira (FEIS/UNESP).



Fonte: Próprio autor.

c) Teste de progênies TP-MIS

As sementes de *M. urundeuva* foram coletadas em 1993, sendo o teste instalado julho de 1994, nas coordenadas $20^{\circ} 20' 7,87''$ S, $51^{\circ} 24' 38,56''$ W, 328 m de altitude, em delineamento de blocos casualizados com 28 progênies, 4 repetições e espaçamento 3 x 1,5 m (Figura 13). No qual é feito o monitoramento silvicultural e análise de parâmetros genético ao longo dos anos que permitiu realizar um e sofreu desbaste de 40% em 2016 nos indivíduos com menores valores aditivos (Cambuim, 2017; Otsubo *et al.*, 2015) (Anexo E - Croqui; Anexo F - Análise de solo).

Figura 13 - Localização do Teste de Progênie *Myracrodruon urundeuva* (TP-MIS) na Fazenda de Ensino, Pesquisa e Extensão (FEPE), da Faculdade de Engenharia de Ilha Solteira (FEIS/UNESP).



Fonte: Próprio autor.

Métodos

A fim de dar continuidade ao monitoramento silvicultural das progênies de *M. urundeuva* procedentes de Selvória-MS, foi avaliado o diâmetro a altura do peito (DAP, cm), nos experimentos: TP-SOL, TP-ACA, TP-MIS, aos 36 anos, 31 anos e 30 anos, respectivamente.

d) Análises estatísticas e estimativas de parâmetros genéticos nos testes de progênies

O procedimento REML/BLUP (máxima verossimilhança restrita/melhor predição linear não viciada), via metodologia dos modelos lineares mistos, foi utilizado nas análises individuais para as estimativas dos componentes de variância e dos parâmetros genéticos do caractere avaliado nos testes de progênies. Para obtenção dessas estimativas foi empregado o programa de computador SELEGEN: conforme o modelo estatístico modelo 93 (Resende, 2007“a” e “b”; Resende 2016) (13):

$$\mathbf{y} = \mathbf{Xr} + \mathbf{Za} + \mathbf{Wp} + \mathbf{e} \quad (13)$$

em que: \mathbf{y} , \mathbf{r} , \mathbf{a} , \mathbf{p} e \mathbf{e} são os vetores de dados, repetição, genéticos, parcelas e de erros. As matrizes de incidência dos referidos efeitos são as letras: \mathbf{X} , \mathbf{Z} e \mathbf{W} (Resende, 2007b).

Para a análise conjunta foi utilizado o modelo 5 (Resende, 2007“a” e “b”; Resende 2016) (14):

$$\mathbf{y} = \mathbf{Xr} + \mathbf{Za} + \mathbf{Wp} + \mathbf{Ts} + \mathbf{e} \quad (14)$$

em que: \mathbf{y} é o vetor de dados, \mathbf{r} é o vetor dos efeitos de repetição (assumidos como fixos) somados à média geral, \mathbf{a} é o vetor dos efeitos genéticos aditivos individuais (assumidos como aleatórios), \mathbf{p} é o vetor dos efeitos de parcela (assumidos como aleatórios), \mathbf{s} é vetor dos efeitos de população ou procedência (aleatórios) e \mathbf{e} é o vetor de erros ou resíduos (aleatórios). As letras maiúsculas representam as matrizes de incidência para os referidos efeitos.

Os testes de progênies: TP-SOL, TP-ACA e TP-MIS foram instalados a partir da mesma população base (Pop-Base) da *M. urundeuva*, mas as sementes que deram origem a estes testes são de eventos reprodutivos diferentes (1986, 1991 e 1993). Dessa forma, utilizou-se o índice Z.

O Índice Z é elaborado a partir do somatório dos valores padronizados do caractere DAP (diâmetro a altura do peito), de modo que todos os valores se tornam diretamente comparáveis por terem sido determinadas pelo mesmo estimador.

A padronização é um recurso estatístico utilizado para determinar a média de um conjunto de variáveis de diferentes naturezas. Para tanto, subtrai-se o valor de uma variável de sua média e divide-se a diferença pelo desvio padrão da variável. O estimador para o cálculo do valor padronizado é representado genericamente pela expressão algébrica (15):

$$z = 3 + \frac{x - \mu}{\sigma} \quad (15)$$

em que: Z é o valor da variável padronizada; x é o valor da variável com média μ e desvio padrão σ .

4.2.2.2 Análises físicas, fisiológicas e nutricionais em sementes

As sementes de *M. urundeuva* foram coletadas na população base (POP-BAS) e nos testes de progênie TP-MIS, TP-SOL e TP-ACA em julho de 2021, sendo encaminhadas para o Laboratório de Genética de Populações, Evolução e Silvicultura (LGPS), do Departamento de Fitotecnia, Tecnologia de Alimentos e Sócio Economia (DFTASE), da Faculdade de Engenharia de Ilha Solteira da Universidade Estadual Paulista (FEIS/UNESP), onde foram feitas as análises físicas, fisiológicas e nutricionais.

a) Caracteres avaliados em sementes obtidas na população base (POP-BAS) e nos testes de progênies: TP-SOL, TP-ACA e TP-MIS

A partir das sementes de *M. urundeuva* colhidas na POP-BAS e nos três testes de progênies (TP-SOL, TP-ACA e TP-MIS) foram feitas as análises da qualidade das sementes por meio dos testes físicos: grau de umidade (GUM) e massa de 100 sementes (M100). As análises físicas das sementes tiveram por base o Manual de procedimentos para análise de sementes florestais (Lima Junior, 2011). O teste fisiológico foi feito a partir da condutividade elétrica (CEL). A avaliação da condutividade elétrica (CEL, em $\mu\text{S}/\text{cm}/\text{g}$), foi obtida utilizando-se quatro repetições de 25 sementes de cada progênie, totalizando 100 sementes por progênie, que posteriormente foram acondicionadas em copos descartáveis. O peso foi determinado, utilizando uma balança analítica de quatro casas decimais (Lima Júnior, 2010).

O conteúdo dos macronutrientes (N, P, K, Ca, Mg e S) foi obtido nas sementes de *M. urundeuva* com base no procedimento recomendado por Malavolta *et al.* (1997). Para a obtenção dos teores de N foi utilizada a digestão sulfúrica e para os teores de P, K, Ca, Mg, S, Cu, Fe, Mn e Zn foi por base a digestão nítrico perclórica. O método utilizado foi o semimicro-Kjeldahl (N), colorimetria do metavanadato (P), turbidimetria do sulfato de bário (S), fotometria de chama de emissão (K), quelatometria do EDTA ou espectrofotometria de absorção atômica (Ca, Mg, Cu, Fe, Mn e Zn). O teor dos macronutrientes foi denominado de caracteres nutricionais e está expresso em g kg^{-1} (Malavolta, 1997).

b) Análises estatísticas e parâmetros genéticos para os caracteres relacionados a qualidade física, fisiológica e de nutrientes em sementes

Para os dados de análises de sementes foi feita análises estatísticas para identificar associação entre as características físicas, fisiológicas e nutricionais de sementes e assim verificar, e estas associações se diferem conforme a origem das sementes. Primeiramente foi realizado a análise de variância em delineamento inteiramente ao acaso e posteriormente foi feita a correlação de Pearson ($P < 0,05$) para determinar o grau de associação entre estas variáveis. Todas as análises foram realizadas utilizando o *software* R (RStudio Team, 2013).

Para obtenção das estimativas de parâmetros em semente foi empregado o programa de computador SELEGEN: conforme o modelo estatístico modelo 96 (Resende 2016; Resende, 2007 “a” e “b”) (16):

$$\mathbf{y} = \mathbf{Xr} + \mathbf{Zg} + \mathbf{e} \quad (16)$$

em que: \mathbf{y} , \mathbf{r} , \mathbf{g} e \mathbf{e} são os vetores de dados, repetições, genotípicos e resíduos, respectivamente. \mathbf{X} e \mathbf{Z} são as matrizes de incidência para os efeitos de repetição e genotípico.

4.2.2.3 Teste de procedências e progênies aroeira (TPPA)

As procedências representam subpopulações da POP-BAS, pois foram coletadas nesta população em diferentes eventos reprodutivos, que deram origem aos testes de progênies: TP-SOL, TP-ACA e TP-MIS, instalados na FEPE em 1987, 1992 e 1994, respectivamente.

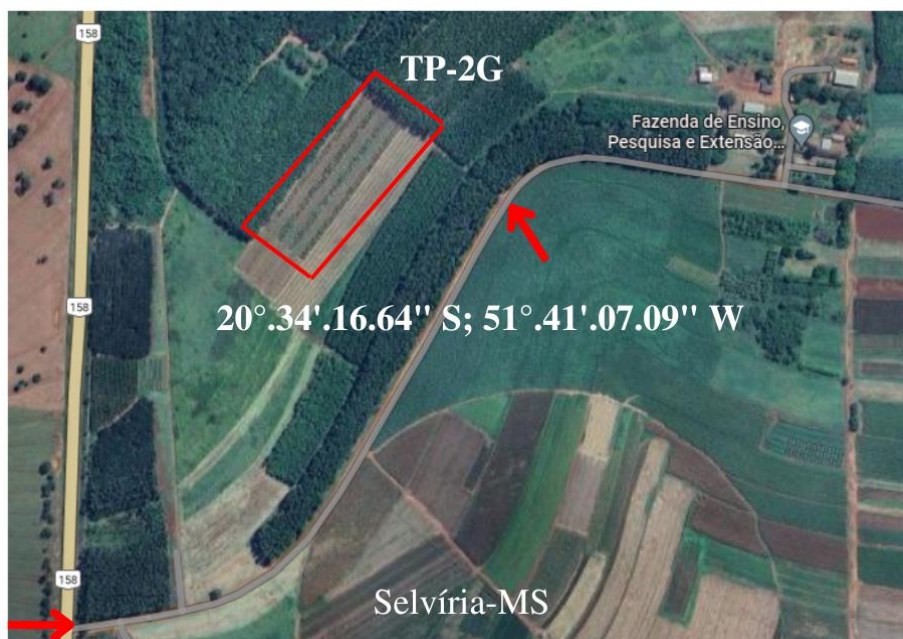
a) Coleta de sementes nos testes de progênies e na população base

As sementes de *M. urundeuva* coletadas em julho de 2021 na população base (POP-BAS) e nos testes de progênie TP-MIS, TP-SOL e TP-ACA foram encaminhadas para a Associação de Recuperação Florestal do Pontal do Paranapanema – Pontal Flora, para a formação das mudas. Para tanto, utilizou-se tubetes acoplados em bandejas e com substrato, não sendo necessário a quebra de dormência. No caso das sementes coletadas nos testes de progênies: TP-SOL, TP-ACA e TP-MIS, são consideradas de segunda

geração, pois as árvores matrizes, que forneceram as sementes, foram selecionadas pela metodologia REML/BLUP nos respectivos testes.

O teste de procedências e progênies foi instalado em 23/11/2022, nas coordenadas $20^{\circ} 20' 34,16''$ S, $51^{\circ} 41' 07,09''$ W, e 360 m de altitude, em delineamento de blocos casualizados com 19 progênies da população base, 22 progênies do TP-SOL, 20 progênies do TP-ACA e 22 progênies do TP-MIS, com 3 repetições, 5 plantas por parcela e espaçamento de 3 x 3 m em quincôncio (Figura 14) (Apêndice A,B e C). No qual foi feito o monitoramento silvicultural e análise de parâmetros genéticos aos 6 meses de idade, para o caráter altura de plantas (Anexo G - Croqui).

Figura 14 - Localização do Teste de Procedência e Progênie de *Myracrodruon urundeuva* (TPP-2G) da Fazenda de Ensino, Pesquisa e Extensão (FEPE), da Faculdade de Engenharia de Ilha Solteira (FEIS/UNESP).



Fonte: Próprio autor.

b) Análises estatísticas no teste de procedências e progênies de segunda geração – TPP-2G

O procedimento REML/BLUP (máxima verossimilhança restrita/melhor predição linear não viciada), via metodologia dos modelos lineares mistos, foi utilizado nas análises conjuntas para as estimativas dos componentes de variância e dos parâmetros genéticos dos caracteres avaliados nos testes de progênies. Para obtenção dessas

estimativas foi empregado o programa de computador SELEGEN: conforme o modelo 5 (Resende 2016; Resende, 2007^{“a”} e ^{“b”}) (17):

$$\mathbf{y} = \mathbf{Xr} + \mathbf{Za} + \mathbf{Wp} + \mathbf{Ts} + \mathbf{e} \quad (17)$$

em que: \mathbf{y} é o vetor de dados, \mathbf{r} é o vetor dos efeitos de repetição (assumidos como fixos) somados à média geral, \mathbf{a} é o vetor dos efeitos genéticos aditivos individuais (assumidos como aleatórios), \mathbf{p} é o vetor dos efeitos de parcela (assumidos como aleatórios), \mathbf{s} é vetor dos efeitos de população ou procedência (aleatórios) e \mathbf{e} é o vetor de erros ou resíduos (aleatórios). As letras maiúsculas representam as matrizes de incidência para os referidos efeitos.

A partir desse modelo foram estimados os seguintes parâmetros genéticos e estatísticos: variâncias: genética aditiva ($\hat{\sigma}_a^2$), ambiental entre parcelas ($\hat{\sigma}_c^2$), genética entre populações ($\hat{\sigma}_p^2$), residual (ambiental + não aditiva) ($\hat{\sigma}_e^2$) e fenotípica individual ($\hat{\sigma}_f^2$); herdabilidades: individual dos efeitos aditivos (\hat{h}_a^2), individual ajustada para os efeitos de parcela (\hat{h}_{aj}^2), média de progênies (\hat{h}_m^2) e aditiva dentro de parcela (\hat{h}_{ad}^2); $r_{\hat{a}a}$ acurácia; coeficientes de determinação: dos efeitos de parcelas (\hat{C}_p^2); coeficientes de variação: genética aditiva individual (CV_{si}), genotípica entre progênies (CV_{sp}), relativa (CV_r) e experimental (CV_e); \hat{m} média geral; LRT (teste da razão de verossimilhança).

4.3 RESULTADOS E DISCUSSÃO

4.3.1 Testes de progênies obtidos a partir da população base e instalados em diferentes épocas

Os três testes de progênies avaliados apresentaram uma taxa de sobrevivência de 75,6%, sendo que a taxa do TP-SOL foi de 76%, enquanto a taxa do TP-ACA foi de 74% e a do TP-MIS 77%. Martins *et al.* (2018) avaliaram populações de *M. urundeuva* de 5 procedências distintas no Instituto Florestal de São Paulo (IFSP), na Estação Experimental de Pederneiras, São Paulo, verificando uma média de sobrevivência também aos 31 anos de idade de 71%. Dessa forma, os testes de progênies apresentaram boa adaptação no local de estudo.

O teste de progênie TP-SOL, aos 36 anos apresentou a maior altura de 16,5 metros e a média de todos os indivíduos foi de 10,49 metros. No TP-ACA, aos 31 anos, verificou-se a maior altura de 16,2 metros e a média de 6,1 metros. Por fim, aos 30 anos, o TP-MIS apresentou seu maior indivíduo com 21,8 metros e a média dos mesmos de 7,1 metros. Aos 31 anos, Martins *et al.* (2018), constataram uma média de altura de 11,93 m para a mesma espécie. Para a espécie *Balfourodendron riedelianum*, Aguiar *et al.* (2019) também observaram resultados semelhantes. Indicando que os dados analisados estão de acordo com a literatura, evidenciando o crescimento lento destas espécies nativas.

Nas análises individuais para os testes de progênies TP-SOL, TP-ACA e TP-MIS, é possível analisar que só houve diferença significativa pelo teste da razão de verossimilhança LRT (χ^2)¹ no TP-MIS, sendo de 4,89 (Tabela 7).

As análises em conjuntas também mostraram diferenças significativas, sendo o valor de 16,33 (Tabela 7).

Verifica-se que a acurácia foi considerada média para o TP-SOL e TP-ACA, contudo teve elevado valor no TP-MIS de 72%. Valores de 0 à 25 são considerados baixos, valores de 25 à 75% são considerados bons e valores acima de 75% são considerados ótimos (Resende, 2002). Assim, para a coleta de sementes, indica-se o TP-MIS.

Ressalta-se que o coeficiente de determinação dos efeitos da parcela (\hat{C}_p^2) foi alto, maiores que 10%, indicando heterogeneidade ambiental dentro das parcelas (Sturion;

Resende, 2010), impactando assim nos valores médios da acurácia (r_{aa}). Nesse sentido, verificou-se que o delineamento experimental não pode controlar adequadamente.

Os valores de coeficiente de variação experimental (CV_e) para as análises individuais, foram considerados médios, visto que o maior valor foi de 18,41% (TP-MIS) (Pimentel-Gomes, 2000). No entanto, como o efeito de progênes é aleatório o (CV_e) não é tão importante, pois não será realizado nenhum teste de comparação de médias entre as progênes (Tabela 7).

Nas análises (individual e conjunta) o coeficiente de variação genética aditiva individual (CV_{gi}) foi superior que os demais coeficientes, sugerindo uma alta variação genética disponível para seleção, ou seja, maior possibilidade de ganho de seleção.

A herdabilidade média, apresenta para os testes de progênes TP-SOL, TP-ACA e TP-MIS valores de 0,10, 0,30 e 0,52 respectivamente, sugerindo maior controle genético ao nível da progênie para o TP-MIS (Tabela 7).

Tabela 7 - Estimativas de parâmetros estatísticos e genéticos para o caráter DAP-Z (diâmetro a altura do peito), envolvendo a mesma população de *Myracrodruon urundeuva* (Selvíria, MS), mas procedente de três eventos reprodutivos, que deram origem aos testes de progênes: SOL (Pleno Sol), ACA (Aroeira x Candiúba), MIS (Aroeira x Gonçalo-alves x Capitão do Campo) e para a análise conjunta (ALL), padronizadas pela distribuição Z, em Selvíria-MS.

Estimativas	SOL	ACA	MIS	ALL
$\hat{\sigma}_a^2$	0,0341	0,0432	0,3326	0,0460
$\hat{\sigma}_c^2$	0,1712	0,1061	0,2380	0,2612
$\hat{\sigma}_e^2$	0,6894	0,3424	0,4174	0,4893
$\hat{\sigma}_r^2$	-	-	-	0,0462
$\hat{\sigma}_f^2$	0,8947	0,4918	0,9880	0,8427
\hat{h}_a^2	0,04±0,05	0,09±0,05	0,34±0,13	0,05±0,03
\hat{h}_{aj}^2	0,05	0,11	0,44	-
\hat{C}_p^2	0,1914	0,2158	0,2409	0,3100
\hat{C}_r^2	-	-	-	0,0548
\hat{h}_m^2	0,10	0,30	0,52	-
r_{aa}	0,3086	0,5455	0,7225	0,3420
\hat{h}_{ad}^2	0,04	0,09	0,37	-
CV_{gi} (%)	6,18	6,97	19,24	6,65
CV_{gp} (%)	3,09	3,48	9,62	3,33
CV_e (%)	16,49	13,11	18,41	17,37

Estimativas	SOL	ACA	MIS	ALL
CV_r	0,19	0,27	0,52	0,19
\hat{m}_o	14,07	6,39	12,27	11,73
\hat{m}_z	2,99	2,98	3,00	3,22
LRT (χ^2) ¹	0,07 ^{ns}	1,35 ^{ns}	4,89*	0,51 ^{ns}
LRT (χ^2) ²	-	-	-	16,33**

Nota: *significativo a 5% e 1% de significância a 1 grau de liberdade; ^{ns} não significativo. $\hat{\sigma}_a^2$ variância genética aditiva; $\hat{\sigma}_c^2$ variância ambiental entre parcelas; $\hat{\sigma}_e^2$ variância residual (ambiental + não aditiva); $\hat{\sigma}_f^2$ variância fenotípica individual; \hat{h}_a^2 herdabilidade individual dos efeitos aditivos; \hat{h}_{aj}^2 herdabilidade individual ajustada para os efeitos de parcela; \hat{C}_p^2 coeficiente de determinação dos efeitos de parcelas; \hat{h}_m^2 herdabilidade da média de progênies; r_{aa} acurácia; \hat{h}_{ad}^2 herdabilidade aditiva dentro de parcela; CV_{gi} coeficiente de variação genética aditiva individual; CV_{gp} coeficiente de variação genotípica entre progênies; CV_e coeficiente de variação experimental; CV_r coeficiente de variação relativa; \hat{m}_o média geral original; \hat{m}_z média geral na distribuição Z; LRT(χ^2)¹: Teste da razão de verossimilhança e qui-quadrado da deviance para o efeito de genótipos; LRT(χ^2)²: para o efeito de procedências (populações).

Fonte: Próprio autor.

4.3.2 Caracteres físicos, fisiológicos e nutricionais em semente

a) Parâmetros estatísticos

De acordo com Brock (1997) todos os macronutrientes e os micronutrientes são essenciais para as plantas, contudo alguns deles são necessários em maior quantidade, tais como: nitrogênio, fósforo e potássio. A partir da análise dos teores de macronutrientes nas sementes de *Myracrodruon urundeuva*, verificou-se que os maiores teores de nitrogênio, fósforo e potássio foram encontrados na população base, POP-BAS (Tabela 8).

Tabela 8 – Estimativa de parâmetros estatísticos para caracteres físicos, fisiológicos e nutricionais de sementes de *Myracrodruon urundeuva*.

Procedência	Caráter	$\hat{m} \pm s(\hat{m})$	F _(m/p)	CV (%)
POP-BAS	N (g kg ⁻¹)	24,10±0,32	13,55*	4,32
	P (g kg ⁻¹)	4,39±0,09	72,25*	3,24
	K (g kg ⁻¹)	8,49±0,11	10,03*	4,55
	Ca (g kg ⁻¹)	3,88±0,08	16,09*	6,03
	Mg (g kg ⁻¹)	1,34±0,03	12,94*	6,74

	S (g kg ⁻¹)	3,17±0,05	14,88*	4,68	
	Cu (mg kg ⁻¹)	16,93±0,49	25,76*	7,01	
	Fe (mg kg ⁻¹)	332,43±11,61	475,69*	3,19	
	Mn (mg kg ⁻¹)	26,75±85	163,11*	3,24	
	Zn (mg kg ⁻¹)	103,93±1,78	160,25*	1,77	
	M100 (g)	1,31±0,03	69,53*	3,90	
	CE (μS cm ⁻¹ g ⁻¹)	137,77±5,34	71,43*	5,90	
	<hr/>				
	N (g kg ⁻¹)	23,75±0,25	34,63*	3,32	
	P (g kg ⁻¹)	4,18±0,09	8,39*	11,62	
	K (g kg ⁻¹)	8,18±0,14	7,45*	10,27	
	Ca (g kg ⁻¹)	2,17±0,05	9,16*	13,87	
	Mg (g kg ⁻¹)	0,79±0,02	7,18*	15,36	
TP-SOL	S (g kg ⁻¹)	2,99±0,04	15,81*	6,60	
	Cu (mg kg ⁻¹)	15,88±0,28	65,64*	4,12	
	Fe (mg kg ⁻¹)	195,16±4,60	221,22*	3,03	
	Mn (mg kg ⁻¹)	36,84±0,89	434,04*	2,22	
	Zn (mg kg ⁻¹)	112,98±1,24	81,67*	2,28	
	M100 (g)	1,46±0,03	28,33*	6,76	
	CE (μS cm ⁻¹ g ⁻¹)	225,12±9,00	19,74*	15,96	
		<hr/>			
		N (g kg ⁻¹)	21,97±0,36	7,95*	7,51
		P (g kg ⁻¹)	3,47±0,09	156,91*	3,17
	K (g kg ⁻¹)	7,54±0,12	12,31*	5,98	
	Ca (g kg ⁻¹)	3,39±0,11	5,14*	17,85	
	Mg (g kg ⁻¹)	1,08±0,03	20,95*	7,8	
TP-ACA	S (g kg ⁻¹)	3,23±0,06	47,61*	4,21	
	Cu (mg kg ⁻¹)	12,25±0,30	32,70*	6,23	
	Fe (mg kg ⁻¹)	95,38±2,89	233,86*	3,03	
	Mn (mg kg ⁻¹)	25,71±0,96	450,92*	2,68	
	Zn (mg kg ⁻¹)	-	-	-	
	M100 (g)	1,40±0,04	39,35*	6,98	

	CE ($\mu\text{S cm}^{-1}\text{g}^{-1}$)	192,95 \pm 6,43	73,28*	6,06
	N (g kg^{-1})	23,01 \pm 0,33	17,31*	4,36
	P (g kg^{-1})	3,48 \pm 0,13	9,40*	14,81
	K (g kg^{-1})	7,15 \pm 0,18	5,53*	11,60
	Ca (g kg^{-1})	2,80 \pm 0,11	20,20*	11,13
	Mg (g kg^{-1})	0,91 \pm 0,04	21,77*	12,00
TP-MISTO	S (g kg^{-1})	3,11 \pm 0,05	10,03*	6,52
	Cu (mg kg^{-1})	13,25 \pm 0,33	38,66*	5,21
	Fe (mg kg^{-1})	177,82 \pm 12,76	1049,20*	3,04
	Mn (mg kg^{-1})	37,25 \pm 1,73	1050,10*	1,97
	Zn (mg kg^{-1})	107,18 \pm 1,44	82,16*	2,00
	M100 (g)	1,36 \pm 0,03	20,37*	7,11
	CE ($\mu\text{S cm}^{-1}\text{g}^{-1}$)	96,80 \pm 2,65	31,96*	7,58

Nota: POP-BAS: população base (matrizes); TP-PSOL: teste de progênie pleno sol homogêneo; TP-ACA: teste de progênie Aramina; TP-MISTO: teste de progênie misto; \hat{m} : média geral; $s(\hat{m})$: erro padrão da média; F(m/p): teste F para o efeito de matriz e/ou progênie; CV: coeficiente de variação experimental; * significativo a 5%.

Fonte: Próprio autor.

A média de Nitrogênio na POP-BAS foi de 24,10 g kg^{-1} ; já para TP-PSOL foi de 23,75 g kg^{-1} ; TP-ACA foi de 21,97 g kg^{-1} e por fim para TP-MIS a média foi de 23,01 g kg^{-1} . O mesmo ocorreu para Fósforo, em que a POP- BAS foi de 4,39 g kg^{-1} ; já para TP-SOL foi de 4,18 g kg^{-1} ; TP-ACA foi de 3,47 g kg^{-1} e por fim para TP-MIS a média foi de 3,48 g kg^{-1} e para Potássio POP- BAS foi de 8,49 g kg^{-1} ; já para TP-PSOL foi de 8,18 g kg^{-1} ; TP- ACA foi de 7,54 g kg^{-1} e TP-MISTO 7,15 g kg^{-1} .

Assim, verifica-se que as sementes da POP-BAS possuem maior teor de nitrogênio, fósforo e potássio. O mesmo foi observado por Canuto *et al.*, (2017) na espécie *M. urundeuva*, por Vallilo *et al.* (1990) e Takemoto *et al.* (2001) nas sementes de *Dipteryx alata* e por Oliveira *et al.* (2018) na espécie *Genipa americana* L.

b) Parâmetros genéticos

Em relação a herdabilidade individual dos efeitos genotípicos (\hat{h}_g^2), observa-se que para a população de base, o menor valor foi de 0,71 (K) e o maior valor foi de 0,99

(Fe), indicando que para programas de melhoramento e conservação genético, a seleção massal pode ser realizada com êxito (Tabela 9).

Verifica-se que os nutrientes ferro (Fe) e manganês (Mn) expressaram maior variação genética, podendo ser indicados para a seleção visando a qualidade nutricional. Esses nutrientes, com exceção da POP-BAS, apresentaram correlação positivas com os demais.

Todavia, para o TP-SOL, o menor valor encontrado foi de 0,59 (Mg), já para o TP-ACA o valor mínimo foi de 0,52 (Ca) e por fim para o TP-MIS o menor valor foi e 0,57 (K), sugerindo a necessidade de seleção.

Além disso, verificou-se maior controle genético para o TP-ACA e o TP-MIS, uma vez que 70% e 60% respectivamente do teor de nutrientes foi igual ou maior que 0,95.

Tabela 9 - Estimativa do coeficiente de herdabilidade individual dos efeitos genotípicos (\hat{h}_g^2), coeficiente de herdabilidade da média de progênies (\hat{h}_m^2), coeficiente de variação genética individual (CV_{gi}) e coeficiente de variação relativa (CV_r) para os caracteres físicos e nutricionais de sementes de *Myracrodruon urundeuva*.

Procedência	Caráter	\hat{h}_g^2	\hat{h}_m^2	CV_{gi}	CV_r
POP-COL	N (g kg ⁻¹)	0,75	0,92	7,64	1,75
	P (g kg ⁻¹)	0,94	0,98	13,67	4,09
	K (g kg ⁻¹)	0,71	0,91	6,87	1,58
	Ca (g kg ⁻¹)	0,77	0,93	11,68	1,85
	Mg (g kg ⁻¹)	0,73	0,91	11,60	1,65
	S (g kg ⁻¹)	0,77	0,93	8,72	1,85
	Cu (mg kg ⁻¹)	0,86	0,96	17,44	2,49
	Fe (mg kg ⁻¹)	0,99	0,99	34,72	11,39
	Mn (mg kg ⁻¹)	0,97	0,99	20,61	6,22
	Zn (mg kg ⁻¹)	0,97	0,99	11,15	6,05
	M100 (g)	0,95	0,98	14,32	4,48
	CE (μS cm ⁻¹ g ⁻¹)	0,84	0,95	20,04	2,30
		N (g kg ⁻¹)	0,89	0,97	9,62

TP-SOL	P (g kg ⁻¹)	0,63	0,87	15,75	1,33
	K (g kg ⁻¹)	0,60	0,86	13,00	1,24
	Ca (g kg ⁻¹)	0,66	0,88	19,76	1,39
	Mg (g kg ⁻¹)	0,59	0,85	19,04	1,21
	S (g kg ⁻¹)	0,79	0,93	12,71	1,95
	Cu (mg kg ⁻¹)	0,93	0,98	16,54	3,93
	Fe (mg kg ⁻¹)	0,98	0,99	22,46	7,30
	Mn (mg kg ⁻¹)	0,99	0,99	23,05	10,64
	Zn (mg kg ⁻¹)	0,95	0,98	10,25	4,37
	M100 (g)	0,87	0,96	17,68	2,66
	CE (μS cm ⁻¹ g ⁻¹)	0,82	0,95	34,56	2,18
TP-ACA	N (g kg ⁻¹)	0,67	0,89	10,00	1,44
	P (g kg ⁻¹)	0,97	0,99	19,78	6,33
	K (g kg ⁻¹)	0,76	0,92	10,09	1,77
	Ca (g kg ⁻¹)	0,52	0,80	18,21	1,03
	Mg (g kg ⁻¹)	0,85	0,96	17,48	2,46
	S (g kg ⁻¹)	0,92	0,97	14,39	3,47
	Cu (mg kg ⁻¹)	0,88	0,96	17,54	2,76
	Fe (mg kg ⁻¹)	0,98	0,99	23,11	8,08
	Mn (mg kg ⁻¹)	0,99	0,99	28,46	10,64
	Zn (mg kg ⁻¹)	0,97	0,99	12,36	6,62
	M100 (g)	0,90	0,97	21,61	3,02
CE (μS cm ⁻¹ g ⁻¹)	0,94	0,98	25,75	4,30	
TP-MISTO	N (g kg ⁻¹)	0,80	0,94	8,80	2,04
	P (g kg ⁻¹)	0,65	0,88	21,34	1,38
	K (g kg ⁻¹)	0,57	0,84	12,54	1,17
	Ca (g kg ⁻¹)	0,83	0,95	24,42	2,27
	Mg (g kg ⁻¹)	0,85	0,96	27,44	2,46
	S (g kg ⁻¹)	0,69	0,89	9,79	1,49
	Cu (mg kg ⁻¹)	0,89	0,97	15,98	2,95

Fe (mg kg ⁻¹)	0,99	0,99	49,25	15,65
Mn (mg kg ⁻¹)	0,99	0,99	31,88	15,63
Zn (mg kg ⁻¹)	0,95	0,99	8,98	4,44
M100 (g)	0,83	0,95	15,66	2,22
CE (μS cm ⁻¹ g ⁻¹)	0,89	0,97	21,09	2,86

Fonte: Próprio autor.

De acordo com a correlação de Pearson, verifica-se que os macronutrientes Nitrogênio, Fósforo e Potássio foram positivos, sendo o Nitrogênio o que apresentou maior correlação nos testes de progênes TP-SOL, TP-ACA e TP-MIS.

Observou-se ainda que tanto os valores de condutividade elétrica, quanto os de massa de 100 apresentaram valores negativos (-) em todos as análises, sugerindo que as sementes não precisam de altos teores de nutrientes para produção de massa seca e essas quantidades analisadas são adequadas para a integridade do tegumento da semente.

Estudou-se também a porcentagem de emergência, em condições de viveiro, verificando que o maior índice de germinação foi na POP-BAS, em seguida do TP-SOL, TO-MIS e por fim TP-ACA (Tabela 10).

Tabela 10 - Porcentagem de emergência para as sementes coletadas na POP-BAS e nos testes de progênes: TP-SOL, TP-ACA, TP-MIS.

Local de coleta	Data semeadura	Data germinação	Quantidade de tubetes	Porcentagem de germinação
POP-BAS	20/12/2021	23/12/2021	3.592	80%
TP-SOL	30/12/2021	03/01/2022	3.318	60%
TP-ACA	22/12/2021	26/12/2021	2.480	49%
TP-MIS	16/12/2021	20/12/2022	3.636	63%

Fonte: Próprio autor.

Esses dados, acrescidos das análises granulométricas do solo, em que a média da quantidade de argila na POP-BAS foi de 503 g kg⁻¹, do TP-SOL foi de 592 g kg⁻¹, do TP-ACA foi de 471 g kg⁻¹ e do TP-MIS foi de 498 g kg⁻¹, das análises de porosidade total em que a média foi de 39,5% para a população Colina, foi de 52,6% para TP-PS, de 43,8% para TP-ACA e de 41,9% para TP-MIS, e das análises de densidade cuja média foi de

1,25 g cm⁻³ para a população Colina, foi de 1,4 g cm⁻³ para o TP-PS, de 1,31g cm⁻³ para TP-ACA e de 1,26 g cm⁻³ para TP-MIS, que estão dentro das análises de Santos *et al.* (2018) (ANEXOS B, D, F e H).

No TP-MIS, encontrou-se valor baixos de estoque de carbono 20,26 Mg.ha⁻¹ e correlações negativas para a emissão de CO₂ do solo e o grau de humificação de matéria orgânica do solo, sugerindo que a matéria a matéria orgânica humidificada não foi a principal fonte de carbono para a atividade microbiana do solo (Oliveira, 2018).

c) Correlação fenotípica

Para Aguiar *et al.* (2019) valores de coeficiente de correlação fenotípica acima de 0,50 podem ser considerados altos, portanto os resultados indicam uma forte correlação entre os macronutrientes e micronutrientes dos testes de progênies (TP-ACA, TP-MIS e TP-SOL) e baixa correção para a população base (POP-BAS).

De acordo com Sampaio *et al.* (2000), quando a correlação genética é positiva, há possibilidade de selecionar um caráter e obter ganhos indiretos em outro caractere.

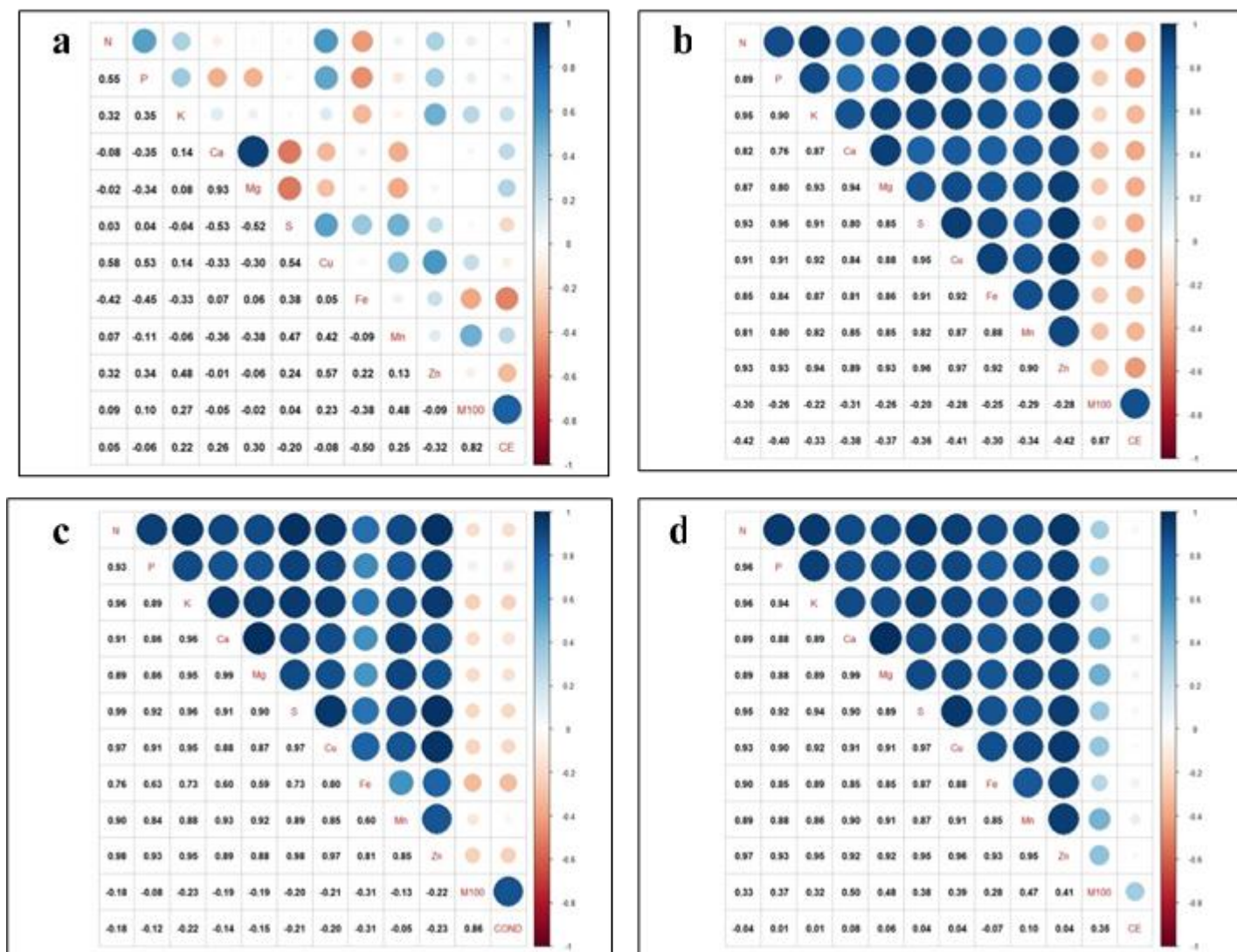
Nesse sentido, a correlação entre o macronutriente nitrogênio (N) vs fósforo (P) permite tais ganhos, tanto na população base quanto nos testes de progênies avaliados. Já o potássio (K) apresentou correlação positiva nos testes de progênies (TP-ACA, TP-MIS e TP-SOL), contudo para a população base, apresentou valores negativos, indicando uma baixa correlação (APÊNDICE D) .

De modo geral, verificou-se que as sementes da POP-BAS, possuem maior teor de nitrogênio, fósforo e potássio, a mesma obteve maior número de correlações negativas sendo que a menor correlação foi de -0,01 entre Cálcio (Ca) e Zinco (Zn), todavia, tais resultados não influenciaram na emergência (Tabela 12).

Nesse sentido, verificou-se a menor porcentagem de emergência para o teste de progênies TP-ACA (Tabela 12), contudo, o mesmo apresentou o maior número de correlações positivas (Figura 15). Dessa forma é possível fazer uma seleção indireta para o elemento nitrogênio se escolher sementes com maiores teores do nutriente, por exemplo. Esta estratégia de seleção direta e indireta dos caracteres permite ganhos de seleção mais efetivos e otimização de tempo no melhoramento da espécie.

É interessante observar que nos quatro eventos reprodutivos houveram correlações diferentes, contudo, os testes de progênie possuem maior possibilidade de realização de seleções diretas e indiretas.

Figura 11 - Correlação de Pearson para os caracteres físicos, fisiológicos e nutricionais em sementes de *Myracrodruon urundeuva*. a) POP-BAS; b) TP-ACA; c) TP-MIS e d) TP-PSOL em Selvíria-MS.



Fonte: Próprio autor.

4.3.3 Teste de procedências e progênies de segunda geração

Nas análises individuais para os testes de progênies TP-SOL, TP-ACA e TP-MIS, é possível observar que não houve diferenças significativas pelo teste da razão de verossimilhança $LRT(\chi^2)^1$ entre as progênies. Contudo, para a população Colina houve diferenças significativas pelo teste da razão de verossimilhança $LRT(\chi^2)^1$ (Tabela 12).

As análises conjuntas entre procedências $LRT(\chi^2)^2$, também mostraram diferenças significativas, sendo o valor de 9,09, sugerindo maior variabilidade genética.

Tal fato é possível pois, na análise individual e para a população Colina, o coeficiente de variação genética aditiva individual (CV_{gi}) apresentou maior valor, 25,21%, indicando uma maior variabilidade genética na população base (Tabela 12).

Para os testes de progênies TP-SOL, TP-ACA e TP-MIS, os coeficientes de variação genética aditiva individual foram 13,89% , 2,28% e 2,47% respectivamente. Para o mesmo caractere e as mesmas progênies do TP-SOL aos 20 anos verificou-se um CV_{gi} de 6,49% Canuto *et al.*, (2017) e aos 29 anos de 10,8% Sant´ana (2017), indicando um aumento de variabilidade genética nas progênies oriundas dos testes de progênies.

Isso também aconteceu para a espécie *M. urundeuva*, para o mesmo caractere, mas em eventos reprodutivos diferentes, sendo que aos 4 anos o coeficiente de variação genética aditiva individual foi de 6,5% Freitas *et al.* (2006), aos 15 anos foi de 8,04% Guerra *et al.* (2009) e aos 20 de 10,84% Canuto *et al.* (2017).

Dessa forma, verifica-se que com o passar dos anos, o coeficiente de variação genética aditiva individual aumenta. Isso pode ocorrer devido a *Myracrodruon urundeuva* ser uma espécie de crescimento longo (pioneira antrópica).

Verifica-se que o valor do coeficiente de variação relativa (CV_r) para a análise individual para a população base foi de aproximadamente 0,8. De acordo com Vencovsky e Barriga (1992), quando o resultado desta divisão é superior a 1,0, a seleção é favorável, corroborando com os dados discutidos.

O coeficiente de variação genética aditiva individual quantifica a magnitude da variação genética disponível para seleção, de modo que valores altos resultam em maior possibilidade de ganho com seleção.

A fim de verificar quantidade de variação ambiental entre parcelas e dentro do bloco, avaliou-se o coeficiente de determinação dos efeitos da parcela (\hat{C}_p^2). Segundo Sturion e Resende (2010), valores superiores a 10% indicam que houve heterogeneidade ambiental dentro das parcelas. Para os testes de progênies TP-SOL e TP-MIS, os valores obtidos foram menores, sendo 0,6% e 6%, respectivamente, não indicando heterogeneidade ambiental dentro das parcelas.

Todavia, para o teste de progênies TP-ACA, o valor foi superior, sendo de aproximadamente 17%, neste caso, recomendasse a diminuição do número de plantas por parcela e o aumento do número de blocos. Tais valores podem ser confirmados pela

relação entre os valores da variância ambiental entre parcelas ($\hat{\sigma}_c^2$) e variância fenotípica individual ($\hat{\sigma}_f$).

Do ponto de vista estatístico, o coeficiente de variação experimental (CV_e) representa a precisão na qual o experimento foi conduzindo. Segundo Pimentel-Gomes (2000), valores que se encontram abaixo de 10% são considerados baixos, e acima de 30% podem ser considerados altos.

Tanto para a análise individual, quanto para a análise conjunta, os valores encontrados podem ser considerados de média precisão, sendo que para a população base foi de 16,10% , TP-SOL foi de 12,61% , TP-ACA foi de 15,70%, TP-MIS foi de 14,43% e para a análise conjunta foi de 12,31%.

A herdabilidade média entre as progênie, para a análise individual, nos três testes de progênie (TP-SOL, TP-ACA, TP-MIS) foram de 0,48 , 0,02, 0,02, respectivamente. Este valor indica que a seleção dentro de progênie pode ser uma estratégia de seleção mais eficaz, ou seja, com maiores ganhos.

Esta ordem de magnitude entre as herdabilidade já era esperado, por que segundo Resende (2002) é comum encontrar, para caracteres quantitativos, valores de baixa magnitude para herdabilidade individual e que, em geral, conduzem a estimativa de magnitude de moderada a alta, para a herdabilidade em nível de média de progênie.

Os coeficientes de herdabilidade apresentam variações conforme as idades das plantas. Até que haja um completo estabelecimento e equilíbrio no campo, pode haver influência do ambiente, tanto maior quanto menor na manifestação das características de crescimento (Ettori *et al.*, 2006).

Estas informações podem ser confirmadas por Canuto *et al.* (2017) que estudaram seis populações naturais de *M. urundeuva* em forma de nove testes de progênie, com idades diferentes (3, 10, 15 e 20 anos), e observaram grandes as variações dos coeficientes de herdabilidades para os caracteres de crescimento.

As análises individuais para os testes de progênie SOL, ACA e MIS, apresentaram médias de altura superiores ao da população BAS e similares de 2,21m, 2,26m e 2,28m, respectivamente. Já a POP-BAS apresentou média de 1,97 (Tabela 12).

A acurácia da análise conjunta foi de 0,42, apontando um razoável grau de confiança. Segundo Resende (2002), valores de 0 à 25 são considerados baixos, valores de 25 à 75% são considerados bons e valores acima de 75% são considerados ótimos.

As baixas acurácias verificadas nos testes de progênie TP-ACA e TP-MIS, podem ter influência do delineamento experimental, isto é, número de parcelas, quantidade de blocos, número de progênies por parcelas etc. Além disso, fatores genéticos podem influenciar os resultados relacionados à acurácia. Valores baixos também foram encontrados por Freitas *et al.*, (2006), Guerra (2009) e Riva (2020).

Tal dado pode ser verificado no coeficiente de determinação dos efeitos da parcela. Segundo Sturion e Resende (2010), valores superiores a 10% indicam que houve heterogeneidade ambiental dentro das parcelas, assim a análise conjunta apontou um valor de aproximadamente 0,16, recomendando a diminuição do número de plantas por parcela e o aumento do número de blocos.

Valores similares foram encontrados por Freitas *et al.*, (2006), Guerra (2009) Canuto *et al.* (2017), Sant´ana (2017), Sato *et al.* (2019) e Riva (2020).

Tabela 12 - Estimativas de parâmetros estatísticos e genéticos para altura total (ALT, m) nas análises individuais para as populações: POP-BAS (População Base), SOL (Pleno Sol), ACA (Aroeira x Candiúba), MIS (Gonçalo Alves x Capitão do Campo) e para a análise conjunta (ALL) em um teste de procedências e progênies de *Myracrodruon urundeuva*, envolvendo sementes coletadas em 2021 na POP-BAS e nos testes de progênies na região de Selvíria-MS, aos 6 meses de idade.

Estimativas	COL	SOL	ACA	MIS	ALL
$\hat{\sigma}_a^2$	0,2470	0,0940	0,0027	0,0032	0,0462
$\hat{\sigma}_c^2$	0,0704	0,0024	0,0615	0,0285	0,0703
$\hat{\sigma}_e^2$	0,1189	0,3044	0,3185	0,3942	0,3152
$\hat{\sigma}_r^2$	-	-	-	-	0,0162
$\hat{\sigma}_f$	0,4363	0,4007	0,3826	0,4559	0,4478
\hat{h}_a^2	0,57±0,25	0,23±0,16	0,01±0,03	0,01±0,03	0,10±0,05
\hat{h}_{aj}^2	0,68	0,24	0,01	0,01	-
\hat{h}_{ad}^2	0,61	0,19	0,01	0,006	-
\hat{h}_m^2	0,65	0,48	0,02	0,0215	-
\hat{C}_p^2	0,1613	0,0061	0,1607	0,0670	0,1570
\hat{C}_r^2	-	-	-	-	0,0361
r_{aa}	0,7462	0,6521	0,1124	0,1303	0,4224
CV_{gi} (%)	25,21	13,89	2,28	2,47	9,86
CV_{gp} (%)	12,60	6,95	1,41	1,23	4,93
CV_e (%)	16,10	12,61	15,70	14,43	12,31
CV_r	0,78	0,55	0,07	0,09	0,40
\hat{m}	1,97	2,21	2,26	2,28	2,18
LRT(χ^2) ¹	5,03*	3,19 ^{ns}	0 ^{ns}	0 ^{ns}	1,21 ^{ns}
LRT(χ^2) ²	-	-	-	-	9,09**

Nota: *significativo a 5%, com 1 grau de liberdade; ^{ns} não significativo; $\hat{\sigma}_a^2$ variância genética aditiva; $\hat{\sigma}_c^2$ variância ambiental entre parcelas; $\hat{\sigma}_e^2$ variância residual (ambiental + não aditiva); $\hat{\sigma}_f$ variância fenotípica individual; \hat{h}_a^2 herdabilidade individual dos efeitos aditivos; \hat{h}_{ad}^2 herdabilidade aditiva dentro de parcela; \hat{h}_m^2 herdabilidade da média de progênies; \hat{C}_p^2 coeficiente de determinação dos efeitos de parcelas; \hat{C}_r^2 coeficiente de determinação relativo; r_{aa} acurácia; CV_{gi} coeficiente de variação genética aditiva individual; CV_{gp} coeficiente de variação genotípica entre progênies; CV_e coeficiente de variação experimental; CV_r coeficiente de variação relativa; \hat{m} média geral; ; LRT(χ^2)¹: Teste da razão de verossimilhança e qui-quadrado da *deviance* para efeito de genótipos; LRT(χ^2)²: Teste da razão de verossimilhança e qui-quadrado da *deviance* para efeito de procedências (populações).

Fonte: Próprio autor.

4.4 CONCLUSÃO

A análise do caractere de crescimento (altura), permite analisar a formação dos testes de progênies de *Myracrodruon urundeuva* proveniente de população natural de Selvíria-MS e conservar o material genético que ainda resta nestes biomas, com variabilidade genética suficiente para garantir a formação de novas populações.

As estimativas dos parâmetros genéticos apresentam base genética, além disso as correlações genéticas positivas entre alguns caracteres sugerem ganhos indiretos, podendo assim ser otimizados a partir da seleção entre progênies em programas de conservação e melhoramento genético.

REFERÊNCIAS

- AGUIAR B. I. *et al.* Genetic control of silvicultural traits in *Balfourodendron riedelianum* (ENGL.) ENGL. **Sciendo**, Trujillo, v. 68, n. 1, p. 73-78, 2019.
- BALERONI, C. R. S. **Comportamento de populações de *Myracrodruon urundeuva* Fr. All. procedentes de áreas com perturbação antrópica.** 2013. 123 f. Dissertação (Mestrado em Agronomia) - Faculdade de Engenharia, Universidade Estadual Paulista – UNESP, Ilha Solteira, 2003.
- BALERONI, C. R. S.; FREITAS, M. L. M.; MARTINS, K. **Variação, herdabilidade e ganhos genéticos em progenies de *Eucalyptus tereticornis* aos 25 anos de idade em Batatais - SP.** 2013. 51 f. Dissertação (Mestrado em Agronomia) - Universidade Estadual Paulista – UNESP, Ilha Solteira, 2013.
- BEECH, E. *et al.* Global Tree Search: The first complete global database of tree species and country distributions. **Journal of Sustainable Forestry**, New York, v. 36, n. 5, p. 1-37, 2017. DOI: <http://dx.doi.org/10.1080/10549811.2017.1310049>.
- BROCK, W. **Justus von Liebig: the chemical gatekeeper.** Cambridge: Cambridge University, 1997.
- CAMBUIM, J. **Sistema silvipastoril com *Myracrodruon urundeuva* F. All. como alternativa de sustentabilidade.** 2013. 92 f. Dissertação (Mestrado em Agronomia) - Faculdade de Engenharia, Universidade Estadual Paulista – UNESP, Ilha Solteira, 2013.
- CAMBUIM, J. **Fragmentos florestais e testes de progênies: opções para a coleta de sementes em espécies arbóreas nativas do Cerrado no Bolsão Sul-Mato-Grossense.** 2017. 103 f. Tese (Doutorado em Agronomia) - Faculdade de Engenharia, Universidade Estadual Paulista – UNESP, Ilha Solteira, 2017.
- CANUTO D. S. O. *et al.* Genetic Variability in *Myracrodruon urundeuva* (Allemão) Engl. Progeny Tests. **Open Journal of Forestry**, Irvine, v. 7, n. 1, p. 1-10, 2017.
- ETTORI, L. C.; FIGLIOLIA, M. B.; SATO, A. S. Conservação ex situ dos recursos genéticos de espécies florestais nativas: situação atual no Instituto Florestal. *In*: HIGA, A. R.; SILVA, L. D. ed. **Pomar de sementes de espécies florestais nativas.** Curitiba: FUPEF, 2006. p. 203-225.
- FREITAS, M. L. M.; AUKAR, A. P. A.; SEBBENN, A. M.; MORAES, M. L. T.; LEMOS, E. G. M. Variabilidade genética intrapopulacional em *Myracrodruon urundeuva* Fr. All. por marcador AFLP. *Scientia Forestalis*, Piracicaba, n. 68, p. 21-28, 2006.
- GUERRA, C. R. S. B. **Conservação genética *Ex – Situ* de populações naturais de *Myracrodruon urundeuva* Fr. All. em sistema silvipastoril.** 2008. 108 f. Tese (Doutorado em Agronomia) - Faculdade de Engenharia, Universidade Estadual Paulista - UNESP, Ilha Solteira, 2009.

LIMA JUNIOR, M. J. V. (Org.). **Manual de Procedimentos de Análise de Sementes Florestais**. Londrina: ABRATES- Associação Brasileira de Tecnologia de Sementes, 2011. 80 p.

MALAVOLTA, E.; VITTI, G. C.; OLIVEIRA, S. A. **Avaliação do estado nutricional das plantas: princípios e aplicações**. 2. ed. Piracicaba: Associação Brasileira de Potassa e do Fósforo, 1997. 319 p.

MARTINS, K.; SANTOS, W. S. D. dos; QUADROS, T. M. C.; AGUIAR, A. V.; MACHADO, J. A. R.; SEBBEN, A. M.; FREITAS, M. L. M. G. Genetic variation and effective population size of a *Myracrodruon urundeuva* (Engler) FR. Allem. provenance and progeny test. **Journal of Forest Research, Abingdon**, v. 23, n. 4, p. 228-236, 2018.

MORAES, M. L. T. **Variabilidade genética por isoenzimas e caracteres quantitativos em duas populações naturais de aroeira *Myracrodruon urundeuva* F.F. & M.F. Allemão – Anacardiaceae (Syn: *Astronium urundeuva* (Fr. Allemão) Engler)**. 1992. 139 f. Dissertação (Doutorado) – Escola Superior de Agricultura, Universidade de São Paulo - USP, Piracicaba, 1992.

MORAES, M. L. T. **Variação genética da densidade básica da madeira em progênies de *Eucalyptus grandis* Hill Maiden e suas relações com as características de crescimento**. 1987. Dissertação (Mestrado) – Escola Superior de Agricultura, Universidade de São Paulo - USP, Piracicaba, 1987.

MORAES, M. A. *et al.* Produtividade, estabilidade e adaptabilidade em progênies de *Myracrodruon Urundeuva* F.F. & M.F. Allemão – Anacardiaceae. **Scientia Forestalis**, Piracicaba, n.93, v.40, p.69-76, 2012.

OLIVEIRA, C. F. **Variabilidade especial da emissão de CO₂: e estoque de carbono do solo em áreas de eucalipto e sistema silvipastoril**. 2018. Dissertação (Mestrado em Agronomia) - Faculdade de Engenharia, Universidade Estadual Paulista – UNESP, Ilha Solteira, 2018.

OTSUBO, H. C. B. *et al.* Variação genética para caracteres silviculturais em três espécies arbóreas da região do Bolsão Sul-Mato-Grossense. **Cerne**, Lavras, v. 21, n. 4, p. 535-544, 2015.

PIMENTEL GOMES, F. **Curso de estatística experimental**. 14 ed. Piracicaba: Degaspari, 2000. 477p.

R DEVELOPMENT CORE TEAM. **R: a language and environment for statistical computing**. Vienna: R Foundation for Statistical Computing, 2013.

RIBAS, L. A. ; KAGEYAMA, P.Y. Sistema de cruzamento de *Trema micrantha* (L.) B. em fragmentos florestais. **Scientia Forestalis**, Piracicaba, n. 72, p. 29-37, 2006.

RIVA, L.C. **Crescimento, adaptação e qualidade da madeira em progênies de duas populações de *Myracrodruon urundeuva* procedentes de áreas antropizadas**. 2020. 91 f. Dissertação (Mestrado Sistema de Produção) - Faculdade de Engenharia, Universidade Estadual Paulista - UNESP, Ilha Solteira, 2020.

RESENDE, M. D. V. **Genética biométrica e estatística no melhoramento de plantas perenes**. Brasília, DF: Embrapa Informação Tecnológica, 2002. 975 p.

RESENDE, M.D.V. **Matemática e estatística na análise de experimentos e no melhoramento genético**. Colombo: Embrapa Florestas, 2007a. 561 p.

RESENDE, M. D. V. **SELEGEN-REML/BLUP: sistema estatístico e seleção genética computadorizada via modelos lineares mistos**. Colombo: Embrapa Florestas, 2007b. 359 p.

RESENDE, M. D. V. Software Selegen – REML/BLUP: a useful tool for plant breeding. **Crop Breeding and Applied Biotechnology**, Viçosa, MG, v. 16, p. 330-339, 2016.

SAMPAIO, P. T. B.; RESENDE, M. D. V.; ARAÚJO, A. J. Estimativas de parâmetros genéticos e métodos de seleção para o melhoramento genético de *Pinus caribaea* var. *hondurensis*. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, DF, v. 7, p. 2243–2253, 2000.

SANT'ANA, V. Z. **Proporção sexual em populações de *Myracrodruon urundeuva* para fins de formação de pomares de sementes por mudas**. 2017. 64 f. Dissertação (Mestrado em Agronomia) - Faculdade de Engenharia, Universidade Estadual Paulista - UNESP, Ilha Solteira, 2017.

SANTOS, H. G. *et al.* **Sistema brasileiro de classificação de solos**. 3. ed. Brasília, DF: Embrapa, 2018.

SATO, L. M. *et al.* Unmanaged tree gene banks may hinder full-potential phenotypic traits expression. In *Myracrodruon urundeuva* Fr. Allemão (Anacardiaceae), a highly endangered Cerrado timber species but yet showing genetic variability. *In: IUFRO WORLD CONGRESS*, 25., 2019, Curitiba. **Resumos [...]** Curitiba, 2019.

STURION, J. A.; RESENDE, M. D. V. **Avaliação do delineamento experimental utilizado em teste de progênie de erva-mate**. Rio de Janeiro: Embrapa Florestas, 2010. 4 p.

TAKEMOTO, E.; OKADA, I. A.; GARBELOTTI, M. L.; TAVARES, M.; AUEDPIMENTEL, S. Composição química da semente e do óleo de baru (*Dipteryx alata* Vog.) nativo do Município de Pirenópolis, Estado de Goiás. **Revista do Instituto Adolfo Lutz**, São Paulo, v. 60, n. 2, p. 113-117, 2001.

TUNG; E. S. C. *et al.* Variação, divergência e correlações genéticas entre caracteres silviculturais e densidade básica da madeira em progênies de *Myracrodruon urundeuva* (Engler) Fr. All. **Revista do Instituto Florestal**, São Paulo, v. 23, n. 1, p. 1-12, 2011.

UNIVERSIDADE ESTADUAL PAULISTA – UNESP. Faculdade de Engenharia. **Canal CLIMA da UNESP Ilha Solteira: área de Hidráulica e Irrigação**. Ilha Solteira: UNESP, 2018. Disponível em: <http://clima.feis.unesp.br/>. Acesso em: 19 ago. 2022.

VALLILO, M. I.; TAVARES, M.; AUED, S. Composição química da polpa e da semente do fruto do cumbaru (*Dipteryx alata* Vog.) - Caracterização do óleo e da semente. **Revista do Instituto Florestal**, São Paulo, v. 2, p. 115-125, 1990.

VENCOVSKY, R.; BARRIGA, P. **Genética biométrica no fitomelhoramento**. Ribeirão Preto: Sociedade Brasileira de Genética, 1992. 496 p.

VENCOVSKY, R.; CHAVES, L. J.; CROSSA, J. Variance effective population size for dioecious species. **Crop Science**, Madison, v. 52, n. 1, p. 79-90, 2012.

VIEGAS, M. P. **Diversidade genética em populações de *Myracrodruon urundeuva* Fr. All., sob diferentes tipos de perturbações antrópicas**. 2009. 69 f. Dissertação (Mestrado em agronomia) - Faculdade de Engenharia, Universidade Estadual Paulista – UNESP, Ilha Solteira, 2009.

APÊNDICE 4.A – SEMENTES COLETADAS NO TESTE DE PROGÊNIE TP-SOL

REP	FAM	ARV	a
1	18	5	0.0593
1	19	2	0.3532
2	25	3	0.3176
1	22	2	0.2813
2	16	4	0.0631
1	20	2	0.2016
2	26	3	0.0007
1	12	2	0.3813
2	9	10	0.2014
2	3	4	0.0017
2	13	7	0.0683
3	5	6	0.0446
1	23	1	0.0586
1	2	8	0.2048
1	21	10	0.0172
1	28	9	0.3812
2	7	1	0.0006
2	8	6	0.1922
3	24	10	0.2021
1	17	4	0.1448
1	27	9	0.3920
1	14	6	0.0654
TOTAL		22	

APÊNDICE 4.B – SEMENTES COLETADAS NO TESTE DE PROGÊNIE TP-ACA

REP	FAM	ARV	a
Y	45	8	0.2501
Y	32	6	0.0016
Y	34	4	0.3480
Y	47	1	0.3818
X	27	8	0.2273
X	35	1	0.2048
X	44	3	0.3312
X	33	6	0.0094
W	40	1	0.5350
W	38	4	10.153
W	28	2	0.7706
V	49	8	0.4921
V	30	7	0.2647
V	36	7	0.9670
V	31	8	0.2525
U	37	2	0.7864
U	39	8	0.5173
U	26	6	13.020
U	46	5	0.2937
U	41	2	0.1669
TOTAL		20	

APÊNDICE 4.C – SEMENTES COLETADAS NO TESTE DE PROGÊNIE TP-MIS

REP	FAM	ARV	a
1	27	10	19.716
1	16	7	10.594
4	24	7	10.044
1	19	5	0.5173
4	3	3	0.4563
1	10	1	0.3970
1	28	5	36.902
1	1	3	0.3952
4	6	5	15.403
1	26	6	16.269
4	17	6	15.799
1	23	3	0.3273
2	13	1	0.4730
3	7	8	0.9699
1	11	2	0.6408
4	20	6	27.440
3	4	10	0.2457
1	14	1	29.191
3	18	5	0.6248
1	12	6	0.2820
1	8	7	0.3359
1	15	5	10.050
TOTAL		22	

ANEXO 4.A – CROQUI TP – SOL

Teste de progênies de aroeira (*Myracrodruon urundeuva* Fr. All.) - plantio homogêneo
 INSTALAÇÃO: Dezembro/1987; ESPAÇAMENTO: 3 X 3 m; POPULAÇÕES: Selviria-MS e Baruru-SP.

CROQUI DE CAMPO

Pop.-Base- Aroeira (Aramina)		Pop. - Base - Aroeira (Aramina)	
			CN
	x x x x	x x x x x x x x x	
	x x x x	x x x x x x x x x	
	x x 11 15	x x 17 23 12 26 19 x x	SEL-I
	x x 13 14	x x 7 4 16 22 6 x x	
	x x 9 1	x x 10 3 2 20 21 x x	
	x x 27 18	x x 24 25 5 28 8 x x	
	x x x x	x x x x x x x x x	
	x x x x	x x x x x x x x x	CN
	x x x x x x	x x x x x x x x x	
	x x x x x x	x x x x x x x x x	BAU-I
	x x 23 24 x x	x x 1 16 10 19 6 x x	
	x x 17 13 x x	x x 5 21 7 26 8 x x	
	x x 22 28 x x	x x 4 12 14 18 2 x x	
	x x 15 3 x x	x x 20 25 9 27 11 x x	
	x x 21 12 x x	x x 13 22 27 8 19 x x	
	x x 28 3 x x	x x 1 5 9 7 20 x x	SEL-II
	x x 17 24 x x	x x 14 15 23 2 25 x x	
	x x 26 6 x x	x x 18 11 16 4 10 x x	
	x x 25 26 x x	x x 22 28 3 11 19 x x	
	x x 6 23 x x	x x 9 12 17 27 2 x x	BAU-II
	x x 8 14 x x	x x 21 4 15 7 13 x x	
	x x 18 24 x x	x x 5 20 1 16 10 x x	
	x x 10 15 x x	x x 11 6 22 17 24 x x	
	x x 7 5 x x	x x 19 25 28 23 14 x x	
	x x 9 3 x x	x x 4 18 16 21 12 x x	
	x x 13 27 x x	x x 20 26 1 2 8 x x	SEL-III
	x x 5 8 x x	x x 7 11 12 27 20 x x	
	x x 3 22 x x	x x 25 15 28 4 2 x x	
		x x 24 17 26 23 x x	BAU-III
	 14 19 x x	
	 16 x x	
	 x x	
			CN
LEUCENA	REDE ELÉTRICA	LINHA	CARREADOR
CEHEU		TP - PCC-I	

ANEXO 4.B – ANÁLISE FÍSICA E QUÍMICA DO SOLO TP – SOL

ANÁLISE GRANULOMÉTRICA

CONTROLE	AMOSTRA	IDENTIFICAÇÃO	PROFUNDIDADE (cm)	ARGILA (g/kg)	AREIA TOTAL (g/kg)	SILTE (g/kg)
1.094	25	PS 1	0-20	277	141	582
1.095	26	PS 1	20-40	616	205	178
1.096	27	PS 1	40-60	628	191	181
1.097	28	PS 2	0-20	636	221	143
1.098	29	PS 2	20-40	652	177	170
1.099	30	PS 2	40-60	650	178	172
1.100	31	PS 3	0-20	626	239	135
1.101	32	PS 3	20-40	612	226	162
1.102	33	PS 3	40-60	632	206	162

ANÁLISE DE POROSIDADE E DENSIDADE DO SOLO

AMOSTRA		MACROPOROSIDADE	MICROPOROSIDADE	POROSIDADE TOTAL	DENSIDADE
IDENTIFICAÇÃO	PROFUNDIDADE (cm)	(%)	(%)	(%)	(g/cm ³)
PS 1	0-20	5,4	47,3	52,6	1,2
PS 1	20-40	1,6	51,6	53,1	1,2
PS 1	40-60	2,7	55,1	57,7	1,0
PS 2	0-20	3,4	49,2	52,6	1,2
PS 2	20-40	1,0	58,0	59,0	1,1
PS 2	40-60	2,9	55,5	58,3	1,0
PS 3	0-20	2,4	51,3	53,7	1,2
PS 3	20-40	0,4	51,9	52,2	1,3
PS 3	40-60	2,7	52,2	54,9	1,1

Nota: Análises realizadas na Universidade Estadual Paulista “Júlio de Mesquita Filho” – Faculdade de Engenharia de Ilha Solteira – DEFERS – Laboratório de física e química do solo em 05 de setembro de 2022.

ANEXO 4.C - CROQUI TP – ACA

TESTE DE PROGÊNIES DE AROEIRA (*Myracrodruon urundeuva* FR. ALL.) CONSORCIADA COM CADIÚBA (*Trema micrantha* (L.) BLUM)

Instalação: 26/02/1992; Espaçamento: 3 x 3 m; Local: FEPE - Selvíria - MS; Plantas/Parcela: 8

Delineamento: Blocos Casualizados com Tratamentos Adicionais; Candiúba: 17/01/1992

		NELDER															
		*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*
Z	(S)	*	37	46	50	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*
	(A)	*	26	49	44	32	8	28	36	47	43	31	27	*	*	*	*
		*	41	35	30	48	33	50	39	13	42	29	21	40	45	34	*
Y	(S)	*	29	13	50	42	31	27	35	37	45	36	8	32	46	41	*
	(A)	*	48	40	50	33	39	30	47	21	28	49	43	26	44	34	*
		*	18	24	5	20	1	16	10	13	7	15	4	21	14	8	*
X	(S)	*	44	27	35	28	50	45	8	34	29	47	33	30	49	21	*
	(A)	*	26	43	36	40	39	32	42	46	48	31	13	38	41	37	*
		*	15	3	20	25	9	36	11	2	18	14	12	4	46	22	*
W	(S)	*	28	34	29	31	21	39	32	38	46	44	30	43	36	11	*
	(A)	*	40	35	13	27	33	45	42	41	48	26	47	49	50	37	*
		*	13	30	20	33	1	2	8	12	21	16	18	4	3	9	*
V	(S)	*	21	47	35	30	26	28	32	11	39	46	27	49	48	36	*
	(A)	*	29	50	31	37	43	33	34	42	44	45	40	13	38	41	*
		*	30	6	18	11	16	4	10	25	2	23	15	14	24	17	*
U	(S)	*	36	38	47	29	46	37	49	33	35	43	48	40	50	28	*
	(A)	*	34	26	11	27	39	41	13	21	32	45	30	44	31	42	*
		*	33	18	24	25	5	42	8	21	20	2	3	10	1	9	*
		*	11	15	17	23	12	30	19	6	22	16	4	7	14	13	*
		*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*
		CERRADO															

ANEXO 4.D – ANÁLISE FÍSICA E QUÍMICA DO SOLO TP – ACA

ANÁLISE GRANULOMÉTRICA

CONTROLE	AMOSTRA	IDENTIFICAÇÃO	PROFUNDIDADE (cm)	ARGILA (g/kg)	AREIA TOTAL (g/kg)	SILTE (g/kg)
1.103	34	AROCAN 1	0-20	438	522	40
1.104	35	AROCAN 1	20-40	441	507	53
1.105	36	AROCAN 1	40-60	516	427	57
1.106	37	AROCAN 2	0-20	437	521	42
1.107	38	AROCAN 2	20-40	481	465	53
1.108	39	AROCAN 2	40-60	505	431	64
1.109	40	AROCAN 3	0-20	461	508	30
1.110	41	AROCAN 3	20-40	499	469	32
1.111	42	AROCAN 3	40-60	462	444	93

ANÁLISE DE POROSIDADE E DENSIDADE DO SOLO

AMOSTRA		MACROPOROSIDADE	MICROPOROSIDADE	POROSIDADE TOTAL	DENSIDADE
IDENTIFICAÇÃO	PROFUNDIDADE (cm)	(%)	(%)	(%)	(g/cm ³)
AROCAN 1	0-20	0,4	43,3	43,8	1,4
AROCAN 1	20-40	1,1	44,9	46,0	1,3
AROCAN 1	40-60	12,0	37,6	49,5	1,2
AROCAN 2	0-20	2,2	39,5	41,7	1,5
AROCAN 2	20-40	4,9	40,5	45,5	1,3
AROCAN 2	40-60	10,1	39,8	49,9	1,3
AROCAN 3	0-20	10,2	33,3	43,6	1,3
AROCAN 3	20-40	3,9	41,8	45,7	1,3
AROCAN 3	40-60	11,1	38,6	49,7	1,2

Nota: Análises realizadas na Universidade Estadual Paulista “Júlio de Mesquita Filho” – Faculdade de Engenharia de Ilha Solteira – DEFERS – Laboratório de física e química do solo em 05 de setembro de 2022.

ANEXO 4.E - CROQUI TP – MISTO

TESTE DE PROGÊNIES DE ESPÉCIES NATIVAS MISTO

DELINEAMENTO: Blocos Casualizados; ESPAÇAMENTO: 3,0 X 1,5 metros;INSTALAÇÃO: 12/ 07/94; LOCAL: FEP/A.S.IV; PLANTAS/PARCELA: 10

CROQUI DE CAMPO

TESTE DE PROGÊNIES DE BARU

REP. I			
28(A-C-G)	01(A-C-G)	10(A-C-G)	19(A-C-G)
02(C-G-A)	09(C-G-A)	13(C-G-A)	16(C-G-A)
03(G-A-C)	08(G-A-C)	11(G-A-C)	18(G-A-C)
04(A-C-G)	07(A-C-G)	23(A-C-G)	24(A-C-G)
05(C-G-A)	06(C-G-A)	20(C-G-A)	27(C-G-A)
12(G-A-C)	17(G-A-C)	22(G-A-C)	25(G-A-C)
14(A-C-G)	15(A-C-G)	21(A-C-G)	26(A-C-G)
REP.II			
28(C-G-A)	02(C-G-A)	11(C-G-A)	20(C-G-A)
03(G-A-C)	01(G-A-C)	14(G-A-C)	17(G-A-C)
04(A-C-G)	09(A-C-G)	12(A-C-G)	10(A-C-G)
05(C-G-A)	08(C-G-A)	24(C-G-A)	25(C-G-A)
06(G-A-C)	07(G-A-C)	21(G-A-C)	19(G-A-C)
13(A-C-G)	18(A-C-G)	23(A-C-G)	26(A-C-G)
15(C-G-A)	16(C-G-A)	22(C-G-A)	27(C-G-A)
REP.III			
28(G-A-C)	03(G-A-C)	12(G-A-C)	21(G-A-C)
04(A-C-G)	02(A-C-G)	15(A-C-G)	18(A-C-G)
05(C-G-A)	01(C-G-A)	13(C-G-A)	11(C-G-A)
06(G-A-C)	09(G-A-C)	25(G-A-C)	26(G-A-C)
07(A-C-G)	08(A-C-G)	22(A-C-G)	20(A-C-G)
14(C-G-A)	10(C-G-A)	24(C-G-A)	27(C-G-A)
16(G-A-C)	17(G-A-C)	23(G-A-C)	19(G-A-C)
REP IV			
28(A-C-G)	04(A-C-G)	13(A-C-G)	22(A-C-G)
05(C-G-A)	03(C-G-A)	16(C-G-A)	10(C-G-A)
06(G-A-C)	02(G-A-C)	14(G-A-C)	12(G-A-C)
07(A-C-G)	01(A-C-G)	26(A-C-G)	27(A-C-G)
08(C-G-A)	09(C-G-A)	23(C-G-A)	21(C-G-A)
15(G-A-C)	11(G-A-C)	25(G-A-C)	19(G-A-C)
17(A-C-G)	18(A-C-G)	24(A-C-G)	20(A-C-G)

C
E
S
PM
I
L
H
O

TP-GOA

TP-CAP

ANEXO 4.F – ANÁLISE FÍSICA E QUÍMICA DO SOL TP – MISTO

ANÁLISE GRANULOMÉTRICA

CONTROLE	AMOSTRA	IDENTIFICAÇÃO	PROFUNDIDADE (cm)	ARGILA (g/kg)	AREIA TOTAL (g/kg)	SILTE (g/kg)
1.112	43	M1	0-20	417	493	90
1.113	44	M1	20-40	491	411	97
1.114	45	M1	40-60	519	364	117
1.115	46	M2	0-20	388	516	96
1.116	47	M2	20-40	490	427	84
1.117	48	M2	40-60	502	389	109
1.118	49	M3	0-20	464	439	97
1.119	50	M3	20-40	480	434	86
1.120	51	M3	40-60	513	407	81
1.121	52	M4	0-20	435	504	61
1.122	53	M4	20-40	501	398	101
1.123	54	M4	40-60	778	62	160

ANÁLISE DE POROSIDADE E DENSIDADE DO SOLO

AMOSTRA		MACROPOROSIDADE	MICROPOROSIDADE	POROSIDADE TOTAL	DENSIDADE
IDENTIFICAÇÃO	PROFUNDIDADE (cm)	(%)	(%)	(%)	(g/cm ³)
M1	0-20	4,7	37,2	41,9	1,5
M1	20-40	7,4	38,8	46,3	1,4
M1	40-60	10,6	39,1	49,6	1,2
M2	0-20	7,5	38,3	45,8	1,3
M2	20-40	6,1	37,5	43,6	1,3
M2	40-60	7,4	40,5	47,8	1,2
M3	0-20	9,7	36,4	46,1	1,3
M3	20-40	7,9	35,8	43,7	1,4
M3	40-60	6,3	39,6	45,8	1,5
M4	0-20	4,8	30,3	35,1	1,5
M4	20-40	5,0	41,5	46,5	1,4
M4	40-60	6,1	42,8	48,8	1,2

Nota: Análises realizadas na Universidade Estadual Paulista “Júlio de Mesquita Filho” – Faculdade de Engenharia de Ilha Solteira – DEFERS – Laboratório de física e química do solo em 05 de setembro de 2022.

ANEXO 4.G – CROQUI TP – 2G

Eucalyptus camaldulensis

PTA	ESP	ACA-21 FAM	PTA	ESP	COL-19 FAM	PTA	ESP	MIS-22 FAM	PTA	ESP	SOL-22 FAM
1	GoAl	B	1	GoAl	B	1	GoAl	B	1	GoAl	B
2	JAT	1-A	2	GoAl	B	2	GoAl	B	2	GoAl	B
3	C		3	JAT	1-C	3	GoAl	B	3	GoAl	B
4	A	5	4	C		4	JAT	1-M	4	GoAl	B
5	C		5	A	9	5	C		5	JAT	1-S
6	A	5	6	C		6	A	3	6	C	
7	C		7	A	9	7	C		7	A	13
8	A	5	8	C		8	A	3	8	C	
9	C		9	A	9	9	C		9	A	13
10	A	5	10	C		10	A	3	10	C	
11	C		11	A	9	11	C		11	A	13
12	A	5	12	C		12	A	3	12	C	
13	JAT	2-A	13	A	9	13	C		13	A	13
14	C		14	JAT	2-C	14	A	3	14	C	
15	A	20	15	C		15	JAT	2-M	15	A	13
16	C		16	A	14	16	C		16	JAT	2-S
17	A	20	17	C		17	A	9	17	C	
18	C		18	A	14	18	C		18	A	16
19	A	20	19	C		19	A	9	19	C	
20	C		20	A	14	20	C		20	A	16
21	A	20	21	C		21	A	9	21	C	
22	C		22	A	14	22	C		22	A	16
23	A	20	23	C		23	A	9	23	C	
24	JAT	3-A	24	A	14	24	C		24	A	16
25	C		25	JAT	3-C	25	A	9	25	C	
26	A	18	26	C		26	JAT	3-M	26	A	16
27	C		27	A	3	27	C		27	JAT	3-S
28	A	18	28	C		28	A	21	28	C	
29	C		29	A	3	29	C		29	A	4
30	A	18	30	C		30	A	21	30	C	
31	C		31	A	3	31	C		31	A	4
32	A	18	32	C		32	A	21	32	C	
33	C		33	A	3	33	C		33	A	4
34	A	18	34	C		34	A	21	34	C	
35	JAT	4-A	35	A	3	35	C		35	A	4
36	C		36	JAT	4-C	36	A	21	36	C	
37	A	3	37	C		37	JAT	4-M	37	A	4
38	C		38	A	7	38	C		38	JAT	4-S
39	A	3	39	C		39	A	17	39	C	
40	C		40	A	7	40	C		40	A	18
41	A	3	41	C		41	A	17	41	C	
42	C		42	A	7	42	C		42	A	18
43	A	3	43	C		43	A	17	43	C	
44	C		44	A	7	44	C		44	A	18
45	A	3	45	C		45	A	17	45	C	
46	JAT	5-A	46	A	7	46	C		46	A	18
47	C		47	JAT	5-C	47	A	17	47	C	
48	A	19	48	C		48	JAT	5-M	48	A	18
49	C		49	A	6	49	C		49	JAT	5-S
50	A	19	50	C		50	A	10	50	C	
51	C		51	A	6	51	C		51	A	14
52	A	19	52	C		52	A	10	52	C	
53	C		53	A	6	53	C		53	A	14
54	A	19	54	C		54	A	10	54	C	
55	C		55	A	6	55	C		55	A	14
56	A	19	56	C		56	A	10	56	C	
57	JAT	6-A	57	A	6	57	C		57	A	14
58	C		58	JAT	6-C	58	A	10	58	C	
59	A	21	59	C		59	JAT	6-M	59	A	14
60	C		60	A	16	60	C		60	JAT	6-S
61	A	21	61	C		61	A	13	61	C	
62	C		62	A	16	62	C		62	A	19
63	A	21	63	C		63	A	13	63	C	
64	C		64	A	16	64	C		64	A	19
65	A	21	65	C		65	A	13	65	C	
66	C		66	A	16	66	C		66	A	19
67	A	21	67	C		67	A	13	67	C	
68	JAT	7-A	68	A	16	68	C		68	A	19
69	C		69	JAT	7-C	69	A	13	69	C	
70	A	12	70	C		70	JAT	7-M	70	A	19
71	C		71	A	8	71	C		71	JAT	7-S
72	A	12	72	C		72	A	4	72	C	
73	C		73	A	8	73	C		73	A	12
74	A	12	74	C		74	A	4	74	C	
75	C		75	A	8	75	C		75	A	12
76	A	12	76	C		76	A	4	76	C	
77	C		77	A	8	77	C		77	A	12
78	A	12	78	C		78	A	4	78	C	
79	JAT	8-A	79	A	8	79	C		79	A	12
80	C		80	JAT	8-C	80	A	4	80	C	
81	A	9	81	C		81	JAT	8-M	81	A	12
82	C		82	A	13	82	C		82	JAT	8-S
84	C		84	A	13	84	C		84	A	3
85	A	9	85	C		85	A	16	85	C	
86	C		86	A	13	86	C		86	A	3
87	A	9	87	C		87	A	16	87	C	
88	C		88	A	13	88	C		88	A	3
89	A	9	89	C		89	A	16	89	C	
90	JAT	9-A	90	A	13	90	C		90	A	3
91	C		91	JAT	9-C	91	A	16	91	C	
92	A	6	92	C		92	JAT	9-M	92	A	3
93	C		93	A	4	93	C		93	JAT	9-S
94	A	6	94	C		94	A	15	94	C	

95	C		95	A	4	95	C		95	A	8
96	A	6	96	C		96	A	15	96	C	
97	C		97	A	4	97	C		97	A	8
98	A	6	98	C		98	A	15	98	C	
99	C		99	A	4	99	C		99	A	8
100	A	6	100	C		100	A	15	100	C	
101	JAT	10-A	101	A	4	101	C		101	A	8
102	C		102	JAT	10-C	102	A	15	102	C	
103	A	1	103	C		103	JAT	10-M	103	A	8
104	C		104	A	18	104	C		104	JAT	10-S
105	A	1	105	C		105	A	1	105	C	
106	C		106	A	18	106	C		106	A	6
107	A	1	107	C		107	A	1	107	C	
108	C		108	A	18	108	C		108	A	6
109	A	1	109	C		109	A	1	109	C	
110	C		110	A	18	110	C		110	A	6
111	A	1	111	C		111	A	1	111	C	
112	JAT	11-A	112	A	18	112	C		112	A	6
113	C		113	JAT	11-C	113	A	1	113	C	
114	A	7	114	C		114	JAT	11-M	114	A	6
115	C		115	A	15	115	C		115	JAT	11-S
116	A	7	116	C		116	A	2	116	C	
117	C		117	A	15	117	C		117	A	5
118	A	7	118	C		118	A	2	118	C	
119	C		119	A	15	119	C		119	A	5
120	A	7	120	C		120	A	2	120	C	
121	C		121	A	15	121	C		121	A	5
122	A	7	122	C		122	A	2	122	C	
123	JAT	12-A	123	A	15	123	C		123	A	5
124	C		124	JAT	12-C	124	A	2	124	C	
125	A	16	125	C		125	JAT	12-M	125	A	5
126	C		126	A	19	126	C		126	JAT	12-S
127	A	16	127	C		127	A	18	127	C	
128	C		128	A	19	128	C		128	A	17
129	A	16	129	C		129	A	18	129	C	
130	C		130	A	19	130	C		130	A	17
131	A	16	131	C		131	A	18	131	C	
132	C		132	A	19	132	C		132	A	17
133	A	16	133	C		133	A	18	133	C	

C L O N E S I A C S E R

ANEXO 4.H – ANÁLISE FÍSICA E QUÍMICA DO SOL POP-BASE

ANÁLISE GRANULOMÉTRICA

CONTROLE	AMOSTRA	IDENTIFICAÇÃO	PROFUNDIDADE (cm)	ARGILA (g/kg)	AREIA TOTAL (g/kg)	SILTE (g/kg)
1.082	13	BOVINO 1	0-20	338	516	146
1.083	14	BOVINO 1	20-40	464	435	101
1.084	15	BOVINO 1	40-60	589	340	71
1.085	16	BOVINO 2	0-20	573	351	76
1.086	17	BOVINO 2	20-40	584	331	85
1.087	18	BOVINO 2	40-60	579	332	88
1.088	19	COLINA 1	0-20	421	265	314
1.089	20	COLINA 1	20-40	538	179	283
1.090	21	COLINA 1	40-60	691	111	198
1.091	22	COLINA 2	0-20	358	550	92
1.092	23	COLINA 2	20-40	427	483	90
1.093	24	COLINA 2	40-60	482	436	82

ANÁLISE DE POROSIDADE E DENSIDADE DO SOLO

AMOSTRA		MACROPOROSIDADE	MICROPOROSIDADE	POROSIDADE TOTAL	DENSIDADE
IDENTIFICAÇÃO	PROFUNDIDADE (cm)	(%)	(%)	(%)	(g/cm ³)
BOVINO 1	0-20	0,3	39,3	39,5	1,6
BOVINO 1	20-40	0,1	40,4	40,5	1,6
BOVINO 1	40-60	0,2	45,4	45,5	1,5
BOVINO 2	0-20	1,6	47,9	49,5	1,3
BOVINO 2	20-40	3,8	46,7	50,5	1,3
BOVINO 2	40-60	3,8	49,5	53,3	1,2
COLINA 1	0-20	11,0	42,0	52,9	1,3
COLINA 1	20-40	6,5	46,5	53,0	1,3
COLINA 1	40-60	1,5	48,2	49,7	1,4
COLINA 2	0-20	0,2	37,4	37,6	1,5
COLINA 2	20-40	3,7	39,4	43,1	1,5
COLINA 2	40-60	0,5	40,6	41,1	1,5

Nota: Análises realizadas na Universidade Estadual Paulista “Júlio de Mesquita Filho” – Faculdade de Engenharia de Ilha Solteira – DEFERS – Laboratório de física e química do solo em 05 de setembro de 2022.

5 INVESTIGAÇÃO DA ANATOMIA DA MADEIRA DE UM BANCO ATIVO DE GERMOPLASMA DE *Myracrodruon urundeuva* E NO SUB-BOSQUE DE *Pinus caribaea*

RESUMO

A cultura do extrativismo, aliada as mudanças climáticas e aos constantes desmatamentos e queimadas, acarretou a ameaça de extinção de espécies da flora brasileira. Dentre as espécies ameaçadas de extinção, está a *Myracrodruon urundeuva*. O presente trabalho teve como objetivo de investigar a anatomia da madeira de uma população de *Myracrodruon urundeuva*, amostradas em um teste de progênie e no sub-bosque de *Pinus caribaea* procedente de uma área de transição entre os biomas Mata Atlântica e Cerrado (Selvíria-MS) e com grande perturbação antrópica. Foi realizada análise de variância paramétrica. Quando foi observada diferença significativa, o teste de comparações múltiplas Holm-Sidak foi empregado para identificar os pares de médias significativamente diferentes. Constatou-se que o teste de progênie de aroeira apresenta maior diâmetro e densidade de vasos, sendo que a posição no diâmetro a altura do peito possuem maiores valores. As comparações axiais na mesma posição e entre os três indivíduos tiveram variações significativas, principalmente na posição do diâmetro a altura do peito.

Palavras-chave: aroeira; diâmetro de vasos; densidade de vasos; teste de progênie.

ABSTRACT

The culture of extractivism, combined with climate change and constant deforestation and burning, has led to the threat of extinction of Brazilian flora species. Among the species threatened with extinction is *Myracrodruon urundeuva*. The present work aimed to investigate the wood anatomy of a population of *Myracrodruon urundeuva*, sampled in a progeny test and in the understory of *Pinus caribaea* coming from a transition area between the Atlantic Forest and Cerrado biomes (Selvária-MS) and with great human disturbance. Parametric analysis of variance was performed. When a significant difference was observed, the Holm-Sidak multiple comparison test was used to identify pairs of significantly different means. It was found that the mastic progeny test presents greater diameter and density of vessels, with the position in diameter at breast height having higher values. Axial comparisons in the same position and between the three individuals had significant variations, mainly in the position of diameter at chest height.

Keywords: aroeira; vessel diameter; vessel density; progeny test.

5.1 INTRODUÇÃO

A História do Brasil está relacionada tanto com a ocupação quanto com as atividades econômicas desenvolvidas ao longo do tempo em seu território. Dentre os principais ciclos econômicos brasileiros está o do extrativismo de espécies arbóreas, principalmente com a finalidade do uso da madeira (Feres, 2009).

A cultura do extrativismo, aliada as mudanças climáticas e aos constantes desmatamentos e queimadas, acarretou a ameaça de extinção de espécies da flora brasileira.

Art. 3º Entende-se por espécies: - ameaçadas de extinção: aquelas com alto risco de desaparecimento da natureza em futuro próximo, assim reconhecida pelo Ministério do Meio Ambiente, com base em documentação científica disponível [...] (Brasil, 2008, p. 1)

Dentre as espécies ameaçadas de extinção, está a *Myracrodruon urundeuva* conhecida popularmente como aroeira. A espécie é nativa, ocorre em todas as regiões do país e nos domínios fitogeográficos da Caatinga, Cerrado, Mata Atlântica, Pampa e Pantanal. De acordo com Luz *et al.* (2020), a taxonomia da *Myracrodruon urundeuva* Fr. All. Fr. All. pertence à hierarquia: Divisão: *Anthophyta*, angiosperma; Classe: *Magnoliopsida*, dicotiledônea; Ordem: Sapindales; Família: Anacardiaceae; Espécie: *Myracrodruon urundeuva* Fr. All.

A espécie *M. urundeuva* é conhecida popularmente como aroeira, aroeira do sertão, aroeira preta, aroeira da serra, urundeúva, dentre outros (Lorenzi, 2002). O gênero *Myracrodruon*, foi descrito, inicialmente, em 1862, por Freire Allemão, levando suas iniciais até os dias atuais (Santin, 1989).

A família Anacardiaceae, caracterizada também por possuir madeira de alta qualidade, assim como a espécie *Astronium fraxinifolium*, vulgarmente conhecida como Gonçalo-Alves e, cujas características de madeira são similares ao gênero *Myracrodruon* (Souza; Lorenzi, 2005).

A qualidade da madeira está relacionada à sua genética, sendo analisada como parâmetro a correlação genotípica e fenotípica (Moraes, 1987). Nesse sentido, a qualidade da madeira está relacionada com a interação do genótipo x ambiente. Segundo Moraes *et al.* (2012), essa interação permite estudar como diferentes materiais genéticos se comportam em diferentes lugares.

A densidade básica da madeira pode ser utilizado como parâmetro de qualidade de madeira. De acordo com o Instituto de Pesquisas Tecnológicas - IPT (1985), as madeiras podem

ser classificadas de acordo com sua densidade básica como: baixa (valores menores ou iguais a $0,50 \text{ g.cm}^{-3}$), média (valores $0,51$ e $0,72 \text{ g.cm}^{-3}$) e alta (valores acima de $0,73 \text{ g.cm}^{-3}$).

A densidade básica da madeira é influenciada por diversos fatores anatômicos, dentre eles o diâmetro de vasos e a densidade de vasos (Foelkel *et al.*, 1971). Assim, avaliar tais caracteres da madeira é essencial para entender como as características anatômicas podem interagir com ambiente e influenciar na conservação e no melhoramento genético florestal.

O presente trabalho teve como objetivo avaliar a variação axial do diâmetro e da densidade de vasos, bem como realizar as comparações entre as posições axiais do diâmetro de vasos e da densidade de vasos.

5.1.1 Objetivo Geral

O presente trabalho teve como objetivo investigar a anatomia da madeira de uma população de *Myracrodruon urundeuva*, amostradas em um teste de progênie e no sub-bosque de *Pinus caribaea* var *caribaea* procedente de uma área de transição entre os biomas Mata Atlântica e Cerrado (Selvíria-MS) e com grande perturbação antrópica.

5.1.2 Objetivos Específicos

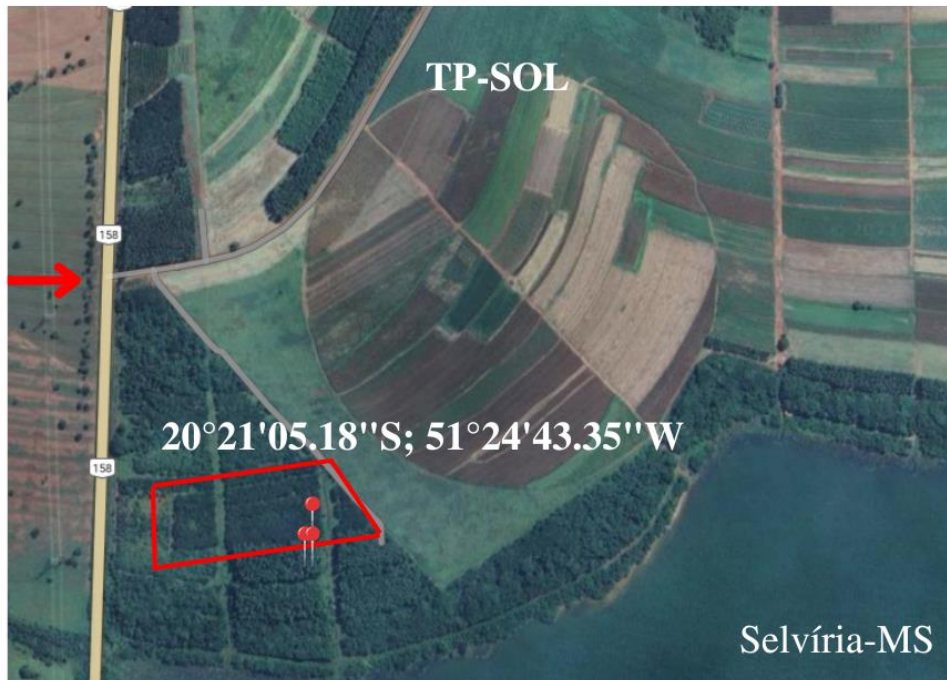
- a) avaliar a variação axial do diâmetro da densidade de vasos;
- b) realizar comparações entre as posições axiais do diâmetro da densidade de vasos.

4.2 MATERIAL E MÉTODOS

5.2.1 Teste de progênie TP-SOL

As sementes de *M. urundeuva* foram coletadas no município de Selvíria-MS em 1986, sendo o teste instalado em dezembro de 1987, nas coordenadas $20^{\circ}21'05.18''\text{S}$; $51^{\circ}24'43.35''\text{W}$, 347 m de altitude, em delineamento de blocos casualizados com 28 progênies, três repetições e espaçamento de $3 \times 3 \text{ m}$ (Figura 16). No qual é feito o monitoramento silvicultural e análise de parâmetros genético ao longo dos anos e desta forma permitiu realizar um desbaste de 40% em 2019 (Baleroni *et al.*, 2003; Moraes, 1987; Tung *et al.*, 2011; Moraes, 2012; Canuto *et al.*, 2017; Riva *et al.*, 2020; Sant'ana, 2017).

Figura 16 - Localização do Teste de Progênie TP-SOL

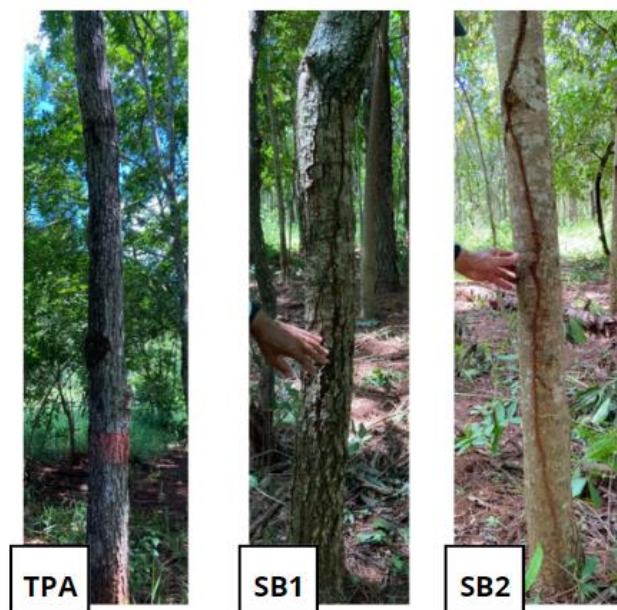


Fonte: Próprio autor.

5.2.2 Amostragem

As árvores foram identificadas em campo, sendo um indivíduo localizado no teste de procedência e progênie de *Myracrodruon urundeuva* em Selvíria-MS, plantado em 1987 (**TPA**) (Moraes *et al.*, 1987) e dois indivíduos regenerantes de área próxima à área experimental, no sub-bosque de *Pinus spp.* **SB1** e **SB2** (Figura 17). Para a obtenção das amostras dos três indivíduos, os mesmos foram retirados do solo e coletaram-se três discos de cada amostra, sendo a primeira referente à base – base, retirada a 30 cm do solo, o segundo ao diâmetro na altura do peito – DAP retirados a 1,30 metros e por último a altura comercial – AC retirada com gabarito de 5 centímetros (Figura 17).

Figura 17 - Identificação das árvores em campo de *Myracrodruon urundeuva*. **TPA** = Teste de progênie de aroeira. **SB1** = Sub-bosque 1; **SB2** = Sub-bosque 2



Fonte: Próprio autor.

Figura 18 - Retirada do disco da base de *Myracrodruon urundeuva* no teste de progênie

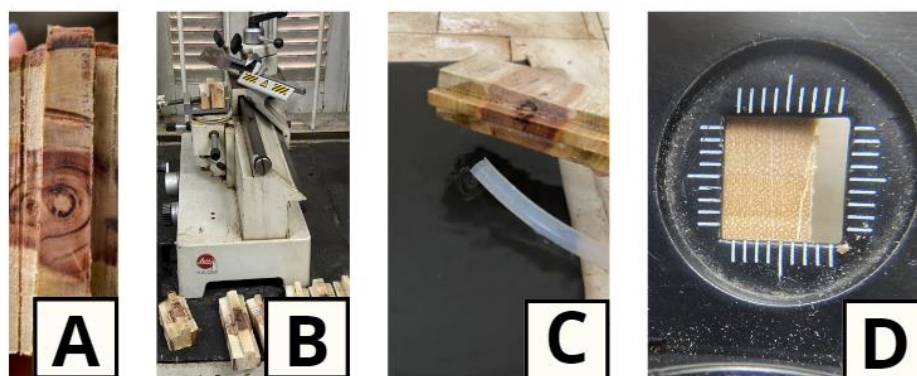


Fonte: Próprio autor.

5.2.3 Determinação dos anéis de crescimento

A fim de realizar as contagens dos anéis de crescimento dos discos, estes foram cortados em amostras menores com a serra elétrica. Foi realizado um rebaixo nas costaneiras dos discos, deixando a parte central saliente (Figura 19A). Desta forma, foi possível polir a superfície da madeira em micrótomo de deslize (Figura 19B), e polimento das amostras com lixa fina e em água corrente (Figura 19C). Posteriormente, os discos foram analisados a olho nu e com auxílio de lupa conta fios 10 x de aumento (Figura 19D) (CORADIN; MUNIZ 1992), permitindo a visualização e a marcação dos anéis de crescimento.

Figura 19 - A) Amostra de madeira com rebaixo nas costaneiras e parte central saliente. B) Polimento das amostras em micrótomo de deslize. C) Polimento das amostras com lixa de grã-fina. D) Detalhe da superfície transversal da madeira vista com lupa conta fios 10X.



Fonte: Próprio autor.

5.2.4 Determinação do diâmetro e densidade de vasos

Após a determinação do número de anéis de crescimento. Com as mesmas amostras de madeira e auxílio do micrótomo de deslize, realizou-se cortes (20 μm) de porções da parte saliente dos discos no plano transversal. Os cortes foram clarificados com hipoclorito de sódio a 60% (Figura 20A). em seguida, as amostras foram lavadas em água corrente e utilizou-se uma solução de safranina a 1% para a coloração, posteriormente lâminas provisórias foram montadas em glicerina a 60% para as mensurações (Johansen, 1940; Sass, 1951). As lâminas foram fotografadas com câmera Olympus E330 acoplada ao microscópio Olympus Model Cx31 Bertrand Lens. As fotos foram realizadas com a lente de aumento CX31 /4x10 (Figura 20B).

As mensurações do diâmetro e densidade dos vasos, de acordo com as recomendações do IAWA Comitê (1989).

Figura 20 - A) Clareamento dos cortes com hipoclorito de sódio a 60% B) Microscópio com câmera fotográfica acoplada



Fonte: Próprio autor.

5.2.5 Análise dos dados

Foi realizada análise de variância paramétrica (Análise de variância, ANOVA). Quando foi observada diferença significativa, o teste de comparações múltiplas Holm-Sidak foi empregado para identificar os pares de médias significativamente diferentes. Para as análises, foi usado o software Sigma Plot - Exact Graphs and Data Analysis – versão 14.5 (Systat Software Inc, San Jose, CA, EUA, 2023).

5.3 RESULTADOS E DISCUSSÃO

A madeira de *Myracrodruon urundeuva* apresenta cerne e alburno distintos, com coloração variando de castanho avermelhada no cerne para castanho claro no alburno, e com brilho (Apêndice A).

Os anéis de crescimento são visíveis a olho nu na madeira polida com faca, e com melhor visibilidade com auxílio de lupa conta fios 10 x. (Figura 19). Os anéis de crescimento são demarcados por faixas mais escuras de fibras de paredes espessas achatadas radialmente, denominado por zona fibrosa (Richter; Dallwitz, 2000), que corresponde a região de transição

entre um anel e o anel seguinte. Anéis de crescimento demarcados por zona fibrosa em *M. urundeuva* foram reportados por Borges *et al.* (2020).

Verificou-se que o número de anéis de crescimento da base foi superior aos do diâmetro a altura do peito (DAP) e da altura (AC), sendo levantados 22 anéis para as amostras do teste de progênie de aroeira (TPA) e do sub-bosque1 (SB1) e 18 para a amostra do sub-bosque 2 (SB2) (Tabela12).

Posteriormente, o maior número de anéis foi encontrado na região do diâmetro a altura do peito (DAP) e por fim na altura (AC). Tais dados são explicados pela conicidade do tronco principal, em que há maior número de anéis na base com relação às posições mais altas do fuste. Explica-se também em termos fisiológicos e ontogenéticos (Taiz; Zeiger, 2016) e anatômicos por COPANT (1973), Cronquist (1988), Burger (1991) e Carvalho (1994).

Tabela 12 - Quantidade de anéis de crescimento por região no teste de progênie de *Myracrodruon urundeuva* e no sub-bosque 1 e 2 de *Pinus spp*

	Base	DAP	AC
TPA	22	18	18
SB1	22	16	14
SB2	18	16	13

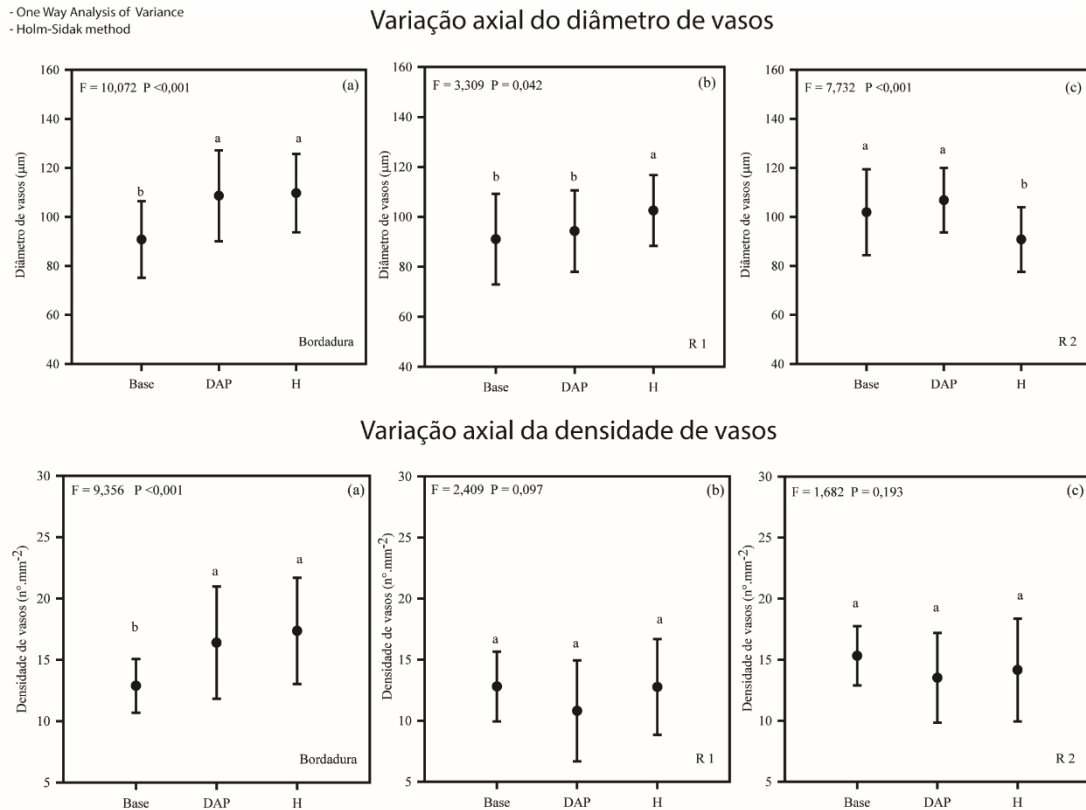
Fonte: Próprio autor.

A partir da análise de variância verificou-se que houve diferença significativa no diâmetro dos vasos ao longo das posições axiais nos mesmos indivíduos (Figura 19). Observou-se que para o indivíduo do teste de progênie de aroeira (TPA) de 36 anos, não houve variação entre o DAP e a AC, contudo houve entre tais posições e a base (Figura 19a). Para os indivíduos do sub-bosque 1 (SB1) e 2 (SB2) não houve variações entre a base e o DAP, contudo foi verificada diferença entre tais posições e a altura (Figura 19 b, c).

A densidade de vasos, variou significativamente apenas para o indivíduo do teste de progênie de aroeira (TPA) e entre a posição da base e do DAP, sendo que não foi constatada diferença entre o DAP e AC (Figura 19a). Estudos com *Calycophyllum spruceanun* (Andrade *et al.*, 2020), *Tectona grandis* (Gil *et al.*, 2018) e *Ochroma Pyramidale* (Stange *et al.*, 2021) apresentaram o mesmo padrão.

Figura 21 - Variação axial do diâmetro e a densidade de vasos de *Myracrodruon urundeuva*

- One Way Analysis of Variance
- Holm-Sidak method



Fonte: Próprio autor.

Ao serem realizados as comparações entre as três posições axiais (Base, DAP e AC) dos três indivíduos (TPA, SB1 e SB2), constatou-se que para a base e para a altura, não houve diferença significativa entre o teste de progênie de aroeira e o sub-bosque 1 (SB1), contudo encontrou-se diferença entre tais posições e SB2. Para o diâmetro a altura do peito (DAP), não houve diferença entre os indivíduos do TPA e de SB2, contudo, diferiu da SB1 (Figura 22).

Para a densidade de vasos, foi observado que para a base e para a altura, não houve diferença significativa entre a sub-bosque 1 (SB1), contudo encontrou-se diferença entre tais posições e SB2 (Figura 22a). Todavia, para o diâmetro a altura do peito (DAP), verificou-se variações significativas nos três indivíduos (Figura 22b). Enquanto que para a altura, verificou-se diferença significativa para o teste de progênie de aroeira (Figura 22c).

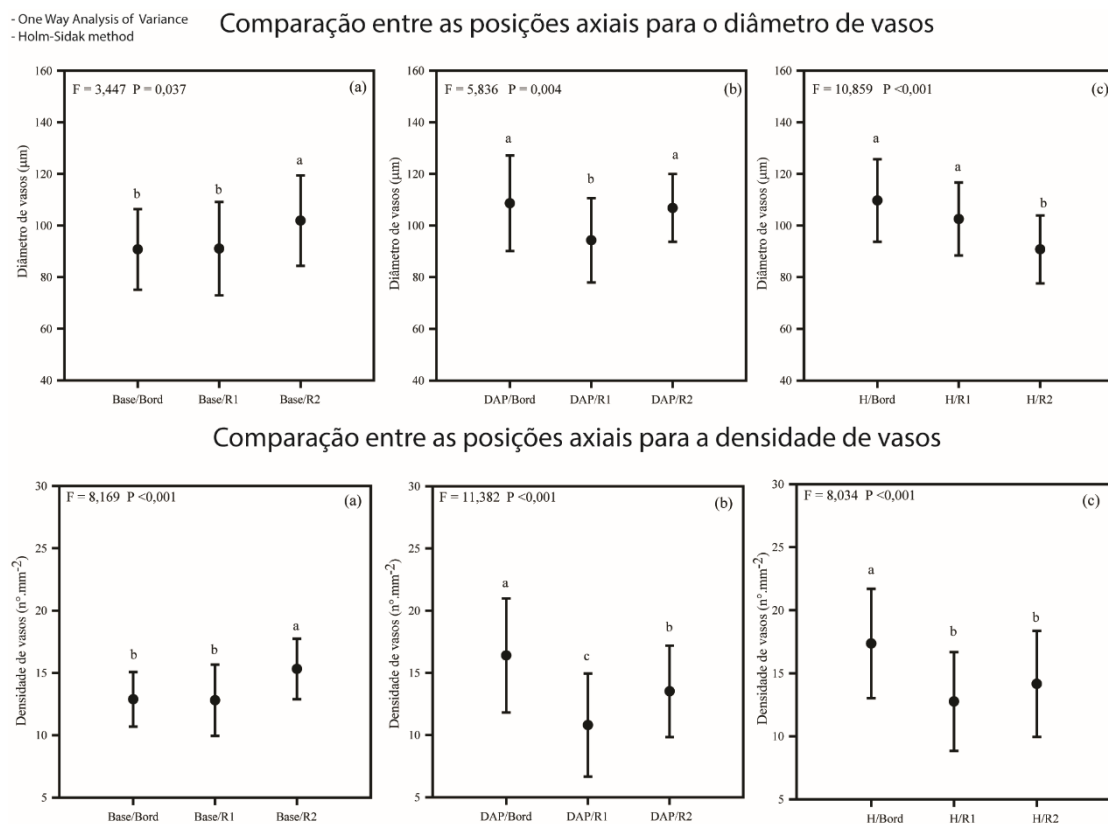
De acordo com Foelkel *et al.* (1971), a anatomia da madeira pode ser influenciada por diversos fatores, sendo que tanto o diâmetro, quanto a densidade de vasos, podem variar na mesma espécie e em regiões diferentes da mesma árvore.

A densidade básica da madeira, para a população de Selvíria-MS, nesse mesmo teste de progênie apresentou $0,69 \text{ g.cm}^{-3}$ (Riva, 2020). Silva *et al.* (2017) encontraram maior DBM com $0,74 \text{ g.cm}^{-3}$ para a *M. urundeuva*. Tung *et al.* (2011) também observou valor maior com $0,75$

$\text{g}\cdot\text{cm}^{-3}$ para a mesma espécie. Conforme a classificação do IPT (1956) as madeiras são consideradas de baixa densidade quando apresentam valor menor ou igual a $0,50 \text{ g}\cdot\text{cm}^{-3}$; de densidade média, de $0,50 \text{ g}\cdot\text{cm}^{-3}$ a $0,72 \text{ g}\cdot\text{cm}^{-3}$; e madeiras densas acima de $0,72 \text{ g}\cdot\text{cm}^{-3}$. De acordo com essa classificação a presente espécie *Myracrodruon urundeuva*, possui madeira de densidade básica considerada de média a alta.

Nesse sentido, estudar a variação axial para o diâmetro e a densidade de vasos, bem como as comparações entre eles são de suma importância para entendermos a relação entre as características dos vasos e sua potencial influência na alta densidade da madeira de *M. urundeuva*. Considerando que os vasos, quando totalmente formados, não possuem protoplasma, tornam-se espaços para fluxo de seiva e não contribuem com a massa da madeira, e consequentemente com sua densidade. Assim, é esperado uma relação inversa entre diâmetro e/ou densidade de vasos e densidade da madeira.

Figura 22 - Comparação entre as posições axiais para o diâmetro e a densidade de vasos de *Myracrodruon urundeuva*



Fonte: Próprio autor.

5.4 CONCLUSÃO

Constatou-se que entre as amostras verificadas, o teste de progênie de aroeira apresenta maior diâmetro e densidade de vasos, sendo que a posição no diâmetro a altura do peito possuem maiores valores.

As comparações axiais na mesma posição e entre os três indivíduos tiveram variações significativas, principalmente na posição do diâmetro a altura do peito.

REFERÊNCIAS

- ANDRADE, J. K. B. *et al.* Caracterizações anatômicas e físicas da madeira de pau-mulato (*Calycophyllum spruceanum*). **Scientia Forestalis**, Piracicaba, v. 48, n. 126, p. e2897, 2020. DOI: <https://doi.org/10.18671/scifor.v48n126.02>
- ASSAD, A.A.V. *et al.* Caracterização axial da madeira de *Croton piptocalyx* Müll. Arg. euphorbiaceae com 32 anos de idade. **Revista Instituto Florestal**, [s. l.], v. 28 n. 1. p. 69-75 jun. 2016. Doi: <http://dx.doi.org/10.4322/rif.2016.005>
- BALERONI, C. R. S. **Comportamento de populações de *Myracrodruon urundeuva* Fr. All. procedentes de áreas com perturbação antrópica.** 2003.123 f. Dissertação (Mestrado em Agronomia) - Faculdade de Engenharia, Universidade Estadual Paulista – UNESP, Ilha Solteira, 2003.
- BORGES, D. B. *et al.* Changes in fine-scale spatial genetic structure related to protection status in Atlantic Rain Forest fragment. **Journal for Nature Conservation**, Amsterdam, v. 53, p. 125784, 2020.
- BURGER, L. M., RICHTER, H. G. **Anatomia da madeira.** São Paulo: Nobel, 1991. 154 p.
- BRASIL. Ministério do Meio Ambiente. **Lei no 10.683, de 28 de maio de 2008.** Brasília, DF, 2008.
- CANUTO D. S. O. Genetic Variability in *Myracrodruon urundeuva* (Allemão) Engl. Progeny Tests. **Open Journal of Forestry**, Irvine, v. 7, n. 1, p. 1-10, 2017.
- CARVALHO, P. E. R. Espécies florestais brasileiras: recomendações silviculturais, potencialidades e uso da madeira. Colombo: EMBRAPA-CNPQ; Brasília: EMBRAPA-SPI, 1994. 640 p.
- CORADIN, V. T. R.; MUNIZ, G. I. B. **Normas e procedimentos em estudos de anatomia da madeira: I – Angiospermae, II – Gimnospermae.** Brasília: IBAMA, 1992. v. 15, 19 p.
- COMISSÃO PANAMERICANA DE NORMAS TÉCNICAS - COPANT. **Descrição macroscópica, microscópica e geral da madeira:** esquema I de recomendação. Colombia, 1973. 19 p. (COPANT, 30).
- COMISIÓN PANAMERICANA DE NORMAS TÉCNICAS. COPANT 555: 1973. Método de Ensayo de Flexión Estática. Buenos Aires. 1973. 10 p.
- CRONQUIST, A. **The evolution and classification of flowering plants.** 2.ed. New York: Botanical Garden, 1988. 555 p.
- FERES, J. M. **Diversidade genética, sistema reprodutivo e fluxo de pólen em duas populações de *Tabebuia rosea-alba* (Ridl.) Sand.:** implicações para conservação. 2009 142 f. Dissertação (Mestrado) – Faculdade de Medicina de Ribeirão Preto da Universidade de São Paulo, Ribeirão Preto, 2009.

FOELKEL, C. E. B.; BRASIL, M. A. M; BARRICHELO, L. E. G. Métodos para determinação da densidade básica de cavacos para coníferas e folhosas. **IPEF**, Piracicaba, n. 2/3, p. 65-74, 1971.

GIL, J. L. R. A. *et al.* Características físicas e anatômicas da madeira de *Tectona grandis* L.f. aos 7 anos de idade. **Revista de Ciências Agrárias**, Jaboticabal, v. 41, n. 2, p. 529-538, 2018. DOI: <https://dx.doi.org/10.19084/RCA17149>

INSTITUTO DE PESQUISAS TECNOLÓGICAS DO ESTADO DE SÃO PAULO – IPT. **Madeiras nacionais**: tabelas de resultados de ensaios físicos e mecânicos. São Paulo: IPT, 1985. (Boletim IPT, 31).

IAWA COMMITTEE. International Association of Wood Anatomists. List of microscope features for hardwood identification. **IAWA Bulletin**, [s. l.], v. 10 n. 3, 219-332, 1989.

JOHANSEN, D. A. **Plant microtechnique**. New York: McGraw- Hill. 1940.

LONGUI, E.L.; SILVA, R.A. de B.G.; ROMEIRO, D.; LIMA, I.L.; FLORSHEIM, S.M.B; MELO, A.C.G. Análise anatômica raiz-ramo de árvores jovens de *Eriotheca gracilipes*: uma abordagem biomecânica e ecológica. **Scientia Forestalis**, Piracicaba, v. 40, n. 93, p. 023-033, mar. 2012

LONGUI, E.L.; GALÃO, A.T.D.; RAJPUT, K. S. MELO, A.G. de. Anatomical investigation of root, stem and branch wood in 10-year-old *Inga laurina* in the context of anatomical adaptation to hydraulic and mechanical stresses. **Anales de Biología**, Murcia, v. 40, p. 31-39, 2018. DOI: <http://dx.doi.org/10.6018/analesbio.40.04>

LOPES, O. P. *et al.* Hydraulic structure and wood density from root to the crown in in three native Brazilian tree species. **Scientific Electronic Archives**, [s. l.], v. 15, n. 4, 2022. DOI: <http://dx.doi.org/10.36560/15420221519>

LORENZI, H. **Ávores brasileiras**: manual de Identificação e cultivo de plantas arbóreas nativas do Braisl. 4. ed. Nova Odessa: Plantarum. São Paulo, 2002. 368 p.

LUZ, C.L.S.; MITCHELL, J.D.; PIRANI, PELL, S.K. Anacardiaceae in Flora do Brasil 2020 em construção. Jardim Botânico do Rio de Janeiro. Disponível em: <<http://www.floradobrasil.jbrj.gov.br/reflora/floradobrasil/FB115185>>. Acesso em: 05 jun. 2023.

MORAES, M. L. T. **Variação genética da densidade básica da madeira em progênies de *Eucalyptus grandis* Hill Maiden e suas relações com as características de crescimento**. 1987. Dissertação (Mestrado) – Escola Superior de Agricultura, “Luiz de Queiroz”, Universidade de São Paulo, Piracicaba, 1987.

MORAES, M. A.; GAINO, A. P. S.; MORAES, M. L. T.; FREITAS, M. L. M.; SEBBENN, A. M. Estimating coancestry within open-pollinated progenies of a dioecious species: the case study of *Myracrodruon urundeuva*. **Silvae Genetica**, Warsaw, v. 61, n. 6, p. 256-264, 2012.

PIMENTEL GOMES, F.; GARCIA, C. H. **Estatística aplicada a experimentos agrônômicos e florestais**. Esalq: FEALQ, 2002. 309 p.

RICHTER, H.G., AND DALLWITZ, M.J. 2000 onwards. Commercial timbers: descriptions, illustrations, identification, and information retrieval. In English, French, German, Portuguese, and Spanish. Version: 9th April 2019. delta-intkey.com

RIVA, L.C. **Crescimento, adaptação e qualidade da madeira em progênies de duas populações de *Myracrodruon urundeuva* procedentes de áreas antropizadas**. 2020. 91 f. Dissertação (Mestrado Sistema de Produção) - Faculdade de Engenharia, Universidade Estadual Paulista - UNESP, Ilha Solteira, 2020.

SANT'ANA, V. Z. **Proporção sexual em populações de *Myracrodruon urundeuva* para fins de formação de pomares de sementes por mudas**. 2017. 64 f. Dissertação (Mestrado em Agronomia) - Faculdade de Engenharia, Universidade Estadual Paulista - UNESP, Ilha Solteira, 2017.

SIGMAPLOT-VERSION 14.5. Systat Software. [S. l.: s. n.], 2023.

SILVA-LUZ, C. L. *et al.* **Anacardiaceae in flora e funga do Brasil**. Rio de Janeiro: Jardim Botânico, 2023. Disponível em: <https://floradobrasil.jbrj.gov.br/FB4382> . Acesso em: 04 out. 2023.

SANTIN, D. A. **Revisão taxonômica do gênero *Astronium* Jacq e revalidação do gênero *Myracrodruon* Fr. Allem (Anacardiaceae)**. 1989. 196 f. Tese (Doutorado) – Instituto de Biologia – Universidade Estadual de Campinas, Campinas, 1989.

SASS, J. E. **Botanical microtechnique**. Ames: The Iowa State College Press, 1951. 326 p.

SILVA, L. L. H. *et al.* Características dendrométricas, físicas e químicas da *Myracrodruon urundeuva* e da *Leucaena leucocephala*. **Floresta e Ambiente**, Rio de Janeiro, v. 24, p. 1-8, 2017.

SOUZA, V. C.; LORENZI, H. **Botânica sistemática: guia ilustrado para identificação das famílias de angiospermas da flora brasileira, baseado em APG II**. Nova Odessa: Plantarum, 2005. 640 p.

STANGE, R.; BUSS, R.; SOUZA, L.M. de; MELO, N. D.; MONTEIRO, T.C.; RIOS, P.D. Variation of the technological properties of wood from *Ochroma pyramidale* in the longitudinal and radial sense of the slew. **Floresta**, Curitiba, v. 51, n. 4, 2021 p. 820-829. DOI: 10.5380/rf.v51 i4. 72952.

TAIZ, L.; ZEIGER, E. **Fisiologia vegetal**. 5. ed. São Paulo: Artmed, 2013.

TUNG; E. S. C. *et al.* Variação, divergência e correlações genéticas entre caracteres silviculturais e densidade básica da madeira em progênies de *Myracrodruon urundeuva* (Engler) Fr. Allem. **Revista do Instituto Florestal**, São Paulo, v. 23, n. 1, p. 1-12, 2011.

APÊNDICE 5.A – ASPECTOS MACROSCÓPICO DA MADEIRA

Figura A.1 - Visão macroscópica da madeira de *Myracrodruon urundeuva* em plano tangencial



Fonte: Próprio autor.

6 CONSIDERAÇÕES FINAIS

Diante do panorama ambiental, das mudanças climáticas, do desmatamento e dos incêndios atuais, identificar, analisar e estudar a genética da conservação de populações em espécies arbóreas em extinção faz-se necessário para garantir a sobrevivência e a diversidade genética das espécies, principalmente daquelas em riscos de extinção, assim permitindo as adaptações das mesmas à antropização.

Por isso, criou-se o Banco Ativo de Germoplasma de *Myracrodruon urundeuva* (BAG-A), com sementes obtidas por polinização aberta, em área antropizada e em diferentes eventos reprodutivos e instalados na Fazenda de Ensino, Pesquisa e Extensão (FEPE), da Faculdade de Engenharia de Ilha Solteira (FEIS/UNESP), localizada no município de Selvíria-MS.

O presente trabalho, permitiu verificar que as sementes coletadas na população base (POP-BAS) em quatro eventos reprodutivos distintos, permitiram a formação de mudas e a implantação das mesmas em testes de progênes, em diferentes repetições, números de plantas por parcela e consorciado com várias espécies arbóreas (TP-SOL, TP-ACA, TP-MIS), permitindo investigar alguns atributos da espécie, da população e da paisagem e assim entender a estrutura genética da população, avaliar os parâmetros genéticos e gerar indivíduos por seleção recorrente, produzindo sementes melhoradas e com ganhos genéticos no teste de procedência e progênie de segunda geração (TPP-2G), corroborando com os programas de conservação e melhoramento genéticos da espécie de *Myracrodruon urundeuva*.