

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

MARISA BARBOSA MARTELO

**VARIAÇÃO GENÉTICA PARA QUALIDADE DA MADEIRA DE PROGÊNIES DE
Myracrodruon urundeuva Fr. AII PROCEDENTES DE DIFERENTES BIOMAS**

**Ilha Solteira
2022**

MARISA BARBOSA MARTELO

**VARIAÇÃO GENÉTICA PARA QUALIDADE DA MADEIRA DE PROGÊNIES DE
Myracrodruon urundeuva Fr. AII PROCEDENTES DE DIFERENTES BIOMAS**

Trabalho de conclusão de curso apresentado à Faculdade de Engenharia de Ilha Solteira – Unesp como parte dos requisitos para obtenção do título de Bacharel em Engenharia Agrônômica.

Orientador

Prof. Dr. Mario Luiz Teixeira de Moraes

Coorientadora

Dra. Silvelise Pupin

FICHA CATALOGRÁFICA

Desenvolvido pelo Serviço Técnico de Biblioteca e Documentação

M376v Martelo, Marisa Barbosa.
Variação genética para qualidade da madeira de progênies de *Myracrodruon urundeuva* Fr. All procedentes de diferentes biomas: silvicultura e conservação genética / Marisa Barbosa Martelo. -- Ilha Solteira: [s.n.], 2022
32 f. : il.

Trabalho de conclusão de curso (Graduação em Engenharia Agrônômica) -
Universidade Estadual Paulista. Faculdade de Engenharia de Ilha Solteira, 2022

Orientador: Mario Luiz Teixeira de Moraes

Coorientadora: Silvelise Pupin

Inclui bibliografia

1. Aroeira. 2. Conservação ex situ. 3. Densidade básica. 4. Espécie arbórea
Nativa. 5. Parâmetros genéticos.

UNIVERSIDADE ESTADUAL PAULISTA "JÚLIO DE MESQUITA FILHO"

FACULDADE DE ENGENHARIA - CAMPUS DE ILHA SOLTEIRA

CURSO DE ENGENHARIA AGRONÔMICA

ATA DA DEFESA – TRABALHO DE CONCLUSÃO DE CURSO

TÍTULO: VARIAÇÃO GENÉTICA PARA QUALIDADE DA MADEIRA DE
PROGÊNIES DE *Myracrodruon urundeuva* Fr. All PROCEDENTES DE
DIFERENTES BIOMAS

ALUNO: *Marisa Barbosa Martelo*

RA: 171050983

ORIENTADOR: Mario Luiz Teixeira de Moraes

Aprovado (X) - Reprovado () pela Comissão Examinadora com Nota: 10,0

Comissão Examinadora:

Prof. Dr. Mario Luiz Teixeira de Moraes
Presidente (Orientador)

Prof. Dr.ª Thaisa Yuriko Kuboyama Kubota

Dr. José Cambuim

Marisa Barbosa Martelo
Marisa Barbosa Martelo

Ilha Solteira, 08 de fevereiro de 2022.

DEDICATÓRIA

À minha família (Pai, Mãe e Irmão) e amigos do coração que sempre estiveram comigo fisicamente ou em espírito dedico este trabalho com amor.

*“Não escolhemos a família em que vivemos
Mas a vida nos mostra
Que família no final é tudo que temos.
Família é a que nos acolhe e nos mostra o que é união
Pode ser uma família de amigos
Ou aquela que o sangue bate em nosso coração.
Podemos não ter a família mais rica
Ou a mais inteligente
Mas com certeza temos a mais divertida.
E que certamente esta presente.
Toda família tem brigas, desavenças e intrigas.
Mas no final tudo se explica
E no final do ano é bonito ver a família toda reunida.
Podemos perder tudo na vida um dia
Mas com uma coisa podemos sempre contar
O apoio da nossa família (...)”*

Autoria: Eduardo Miguel Borges

AGRADECIMENTOS

Agradeço primeiramente a Deus por até aqui ter me sustentado, me guiado, me fortalecido e me ajudado em todos os momentos da minha vida, mas que acima de tudo que, por graça, deu-me o direito de me tornar Filha de Deus.

Agradeço de forma especial e amorosa a minha Mãe Eunice, ao meu Pai Waldomiro e ao meu Irmão Caio me apoiaram ao longo de todo o curso, e não mediram esforços para me auxiliar a todo momento independentemente das dificuldades e desafios, e por terem permanecido em constante oração por mim, por isto e muito mais serei eternamente grata.

Agradeço aos meus queridos amigos que estiverem comigo ao longo de todos esses anos, me aconselhando e confortando da melhor forma que puderam, Laís, Karen, Thayna, Theo, Pedro, Elias e outros mais pelas risadas, diversões, momentos compartilhados e aprendizados que me fizeram evoluir como pessoa ao longo destes anos.

Agradeço as minhas colegas Marília, Francieli e Juliana e aos colegas do Laboratório de Genética de Populações e Silvicultura, pela parceria sempre com animo e grande ajuda em todas as atividades que necessitei, que serão sempre lembrados com amor e gratidão, de igual modo a Selma Maria Bozzite Moraes.

Agradeço a Primeira Igreja Batista Livre em Sud Mennucci pelos cuidados e pelas incessantes orações por mim.

Agradeço aos funcionários José Cambuim, Alexandre Marques da Silva, Alonso Angelo da Silva, Sinval e José Raimundo pelo apoio nas atividades em campo e coleta de dados.

Agradeço ao Prof. Dr. Paulo Yoshio Kageyama (*in memoriam*) e a Dr^a. Cristina Lacerda pela doação de sementes de *Myracrodruon urundeuva* para a instalação dos testes de progênies mencionados neste trabalho.

Agradeço ao Prof. Dr. Mario Luiz Teixeira de Moraes e a Dra. Silvelise, Orientador e coorientadora que tive o privilégio de conhecer e ficar sob suas orientações, sempre me inspirando academicamente e também como seres humanos incríveis.

Agradeço aos membros que compõem a banca examinadora deste trabalho, por aceitarem o convite.

Agradeço aos demais docentes, funcionários e a Turma LIII que ao longo destes cinco anos contribuíram para a minha formação, cada qual com suas particularidades.

O presente trabalho foi realizado com apoio do Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (CNPq) - Programa Institucional de Bolsas de Iniciação Científica (PIBIC)

“E sabemos que todas as coisas contribuem juntamente para o bem daqueles que amam a Deus, daqueles que são chamados segundo o seu propósito.” Rm. 8:28 (BIBLIA SAGRADA).

RESUMO

As intensas ações antrópicas estão cada vez mais afetando os biomas e as populações naturais, inclusive a *Myracrodruon urundeuva* Fr. All. O trabalho objetivou avaliar a variação genética para qualidade da madeira em duas populações de *M. urundeuva*, procedentes dos biomas Caatinga e Mata Atlântica, em uma região do bioma Cerrado. Para tanto, foram avaliados dois testes de progênies em Selvíria-MS: *i*) o primeiro, com 12 progênies procedentes da Estação Ecológica de Seridó/RN (TP-POP-RN) com 6 repetições e 10 plantas por parcela linear; *ii*) o segundo, com 30 progênies procedentes da Estação Ecológica de Paulo de Faria/SP (TP-POP-PF) com 3 repetições e 10 plantas por parcela linear. O delineamento experimental foi de blocos casualizados, no espaçamento de 3,0 m × 1,6 m. Aos 24 anos, foi conduzido um desbaste, adotando a seleção dentro de parcelas eliminando até cinco plantas com o menor valor genético em relação ao DAP. Nas árvores abatidas foram analisados: altura total (HT), altura comercial (HC), relação cerne/alburno (RCA) para os discos da Base (BA), Diâmetro a altura do peito (DAP) e metade da altura comercial (50%HC) e a densidade básica da madeira (DB) para os discos do diâmetro a altura do peito (DAP) e metade da altura comercial (50% HC) e a densidade básica média das árvores (DBM). Os parâmetros genéticos foram obtidos pelo método da máxima verossimilhança restrita e melhor predição linear não viciada (REML/BLUP). Para as árvores desbastadas, as médias de crescimento (HT e HC) foram maiores para TP-POP-PF (7,53 m > 5,80 m; 5,77 m > 3,74 m). Para caracteres associados a qualidade da madeira as maiores médias foram verificadas para TP-POP-RN: 0,37 e 0,32 para RCA BA; 0,24 e 0,19 para RCA DAP; 0,68 g cm⁻³ e 0,63 g cm⁻³ para DBM. As herdabilidades e os coeficientes de variação genética foram maiores para o HC, RCA BA e RCA DAP no TP-POP-RN. Houve diferença significativa para maioria dos caracteres com base no teste de deviance na análise conjunta. A maior associação entre RCA e DB ou DBM ocorreu no TP-POP-RN entre os discos do DAP com 50%HC e DBM (moderada). Houve a formação de um grupo para TP-POP-RN e nove grupos para TP-POP-PF pelo método de Toucher baseado na distância generalizada de Mahalanobis (D²). Existe variação genética entre as progênies e as procedências, permitindo compor programas de conservação e melhoramento genético.

Palavras-chave: Aroeira; Conservação *ex situ*; Densidade básica; Espécie arbórea nativa; Parâmetros genéticos.

ABSTRACT

The intense human actions are increasingly affecting biomes and natural populations, including *Myracrodruon urundeuva* Fr. All. The study aimed to evaluate the genetic variation for wood quality in two populations of *M. urundeuva*, from the Caatinga and Atlantic Forest biomes, in a region of the Cerrado biome. For that, two progenies tests were evaluated: i) the first, with 12 progenies from the Estação Ecológica de Seridó/RN (TP-POP-RN) with 6 replications and 10 plants per linear plot; ii) the second, with 30 progenies from the Ecological Station of Paulo de Faria/SP (TP-POP-PF) with 3 replications and 10 plants per linear plot. The experimental design was randomized blocks, spaced 3.0 m × 1.6 m. At 24 years of age, a thinning was carried out, adopting selection within plots, eliminating up to five plants with the lowest genetic value in relation to DBH. In the felled trees, the following were analyzed: total height (TH), commercial height (CH), heartwood/sapwood ratio (HSR) for the Base discs (BA), diameter at breast height (DBH) and half of the commercial height (50% CH) and wood basic density (BD) for discs with diameter at breast height (DBH) and half of commercial height (50% CH) and average tree basic density (ABD). The genetic parameters were obtained by the method of restricted maximum likelihood and best unbiased linear prediction (REML/BLUP). For thinned trees, the growth averages (TH and CH) were higher for TP-POP-PF (7.53 m > 5.80 m; 5.77 m > 3.74 m). For traits associated with wood quality, the highest averages were found for TP-POP-RN: 0.37 and 0.32 for HSR BA; 0.24 and 0.19 for HSR DBH; 0.68 g cm⁻³ and 0.63 g cm⁻³ for ABD. Heritabilities and coefficients of genetic variation were higher for CH, HSR BA and HSR DBH in TP-POP-RN. There was a significant difference for most traits based on the deviance test in the conjoint analysis. The greatest association between HSR and BD or ABD occurred in the TP-POP-RN between the DBH discs with 50%CH and ABD (moderate). One group was formed for TP-POP-RN and nine groups for TP-POP-PF by the Toucher method based on the generalized Mahalanobis distance (D^2). There is genetic variation between progenies and provenances, allowing for the creation of conservation and genetic improvement programs.

Keywords: Aroeira; Wood density; *ex situ* conservation; Genetic parameters; Native tree species.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1	- Mapa de ocorrência da <i>Myracrodruon urundeuva</i> no território nacional, conforme o Centro Nacional de Conservação da Flora.....	22
Figura 2	- Inflorescência de <i>Myracrodruon urundeuva</i> aos 24 anos de idade, em Selvíria/MS	23
Figura 3	- Variação na coloração do cerne de <i>Myracrodruon urundeuva</i> aos 24 anos de idade, em Selvíria/MS.....	23
Figura 4	- Casca de <i>Myracrodruon urundeuva</i> aos 24 anos de idade, em Selvíria/MS	24
Figura 5	- Tronco de <i>Myracrodruon urundeuva</i> aos 24 anos de idade, em Selvíria/MS. (a) Procedente do bioma Caatinga (b)Procedente do bioma Mata Atlântica	24
Figura 6	- Folhas de <i>Myracrodruon urundeuva</i> (a) femininas com nervuras laterais desencontradas na porção final da folha e (b) masculinas nervuras laterais que se encontram na porção final da folha	25
Figura 7	- Raíz de <i>Myracrodruon urundeuva</i> aos 24 anos de idade, em Selvíria/MS	25
Figura 8	- (a) Testes progênie de <i>Myracrodruon urundeuva</i> aos 24 anos de idade, em Selvíria/MS, via satélite; (b) TP-POP-RN em amarelo e TP-POP-PF em azul.	33
Figura 9	- Testes de progênie de <i>Myracrodruon urundeuva</i> aos 24 anos de idade, em Selvíria/MS	34
Figura 10	- Marcação em tinta spray laranja realizada nos indivíduos inferiores pré-desbaste em dois testes de progênie de <i>Myracrodruon urundeuva</i> aos 24 anos de idade, em Selvíria/MS.....	35
Figura 11	- Identificação dos discos das árvores debastadas em dois testes de progênie de <i>Myracrodruon urundeuva</i> aos 24 anos de idade, em Selvíria/MS	36

Figura 12	- D_{cc} : Diâmetro com casca (em vermelho, D_{cc} horizontal; em azul, D_{cc} vertical); D_{sc} : Diâmetro sem casca (em laranja, D_{sc} horizontal; em verde, D_{sc} vertical); D_c : Diâmetro do cerne (em amarelo, D_c horizontal; em roxo, D_c : vertical)	37
Figura 13	- Discos submersos das árvores debastadas de <i>Myracrodruon urundeuva</i> aos 24 anos de idade, na FEIS/UNESP	38
Figura 14	- (a) Obtenção peso úmido; (b) Obtenção peso submerso; (c) Discos em Estufa (d) Peso seco de <i>Myracrodruon urundeuva</i> aos 24 anos de idade, Laboratório de Genética de Populações, Evolução e Silvicultura da FEIS/UNESP	39

LISTA DE TABELAS

- Tabela 1** - Estimativas de média, coeficiente de variação experimental (CV_e , %) e teste da razão de verossimilhança (LRT) para os caracteres: altura total (HT, m), altura comercial (HC, m), relação cerne/alburno (RCA) para os discos da base (BA); diâmetro a altura do peito (DAP); metade da altura comercial (50%HC) e; densidade básica da madeira (DB, $g\ cm^{-3}$) nos discos do DAP e 50%HC; e densidade básica média da árvore (DBM, $g\ cm^{-3}$), nos testes de progênies: TP-POP-RN e TP-POP-PF de *Myracrodruon urundeuva*, em Selvíria/MS, aos 24 anos..... 43
- Tabela 2** - Estimativas de parâmetros genéticos para os caracteres: altura total (HT, m), altura comercial (HC, m), relação cerne/alburno (RCA) para os discos da base (BA); diâmetro a altura do peito (DAP); metade da altura comercial (50%HC) e densidade básica da madeira (DB, $g\ cm^{-3}$) nos discos do DAP e 50%HC; e densidade básica média da árvore (DBM, $g\ cm^{-3}$), aos 24 anos nos testes de progênies: TP-POP-RN e TP-POP-PF, de *Myracrodruon urundeuva*, em Selvíria/MS..... 45
- Tabela 3** - Estimativas de parâmetros genéticos para os caracteres altura total (HT, m), altura comercial (HC, m), relação cerne/alburno (RCA) para os discos da base (RCA BA); DAP (RCA DAP); e metade da altura comercial (RCA 50% HC) e densidade básica da madeira (DB, $g\ cm^{-3}$) nos discos do DAP (DB DAP); metade da altura comercial (DB 50% HC); e altura comercial (DB 100% HC), aos 24 anos a partir da análise conjunta, utilizando o “modelo 5” do SELEGEN (RESENDE, 2007; 2016), nos testes de progênies: TP-POP-RN e TP-POP-PF de *Myracrodruon urundeuva*, em Selvíria/MS..... 47
- Tabela 4** - Correlações genéticas entre caracteres altura total (HT, m), altura comercial (HC, m), relação cerne/alburno (RCA) para os discos da base (BA); diâmetro a altura do peito (DAP); metade da altura comercial (50% HC) e densidade básica da madeira (DB, $g\ cm^{-3}$)

nos discos do DAP; 50%HC e densidade básica média de árvores (DBM) nos testes de progênies: TP-POP-RN (diagonal superior) e TP-POP-PF (diagonal inferior) de *Myracrodruon urundeuva* aos 24 anos, em Selvíria/MS..... 50

Tabela 5 - Padrão de agrupamento de 12 progênies do TP-POP-SE e 30 progênies do TP-POP-PF, pelo método de Toucher baseado na distância generalizada de Mahalanobis (D^2) de *Myracrodruon urundeuva* aos 24 anos, em Selvíria/MS..... 51

LISTA DE SIGLAS E ABREVIATURAS

ABNT	Associação Brasileira de Normas Técnicas
CNCFlora	Centro Nacional de Conservação da Flora
EMBRAPA	Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária
FEIS	Faculdade de Engenharia de Ilha Solteira/SP
UNESP	Universidade Estadual Paulista
m	Metros
cm	Centímetros
ha	Hectares

LISTA DE SÍMBOLOS

$r_{\hat{a}a}$	Acurácia
\hat{C}^2	Coeficiente de determinação dos efeitos de parcelas
\hat{C}_p^2	Coeficiente de determinação dos efeitos de populações
CV_e	Coeficiente de variação experimental
CV_{gi}	Coeficiente de variação genética aditiva individual
CV_{gp}	Coeficiente de variação genética genotípica entre progênes
CV_r	Coeficiente de variação relativa
\hat{h}_a^2	Herdabilidade individual dos efeitos aditivos
\hat{h}_m^2	Herdabilidade média de progênes
\hat{h}_{ad}^2	Herdabilidade aditiva dentro de parcela
\hat{m}	Média geral

SUMÁRIO

1	INTRODUÇÃO	18
2	OBJETIVOS	20
3	REVISÃO BIBLIOGRÁFICA	21
3.1	<i>Myracrodruon urundeuva</i> Fr. All.	21
3.2	Qualidade da Madeira	27
3.3	Parâmetros Genéticos e Conservação da Espécie	29
4	MATERIAL E MÉTODOS	33
4.1	Material e localização da área de estudo.....	33
4.2	Avaliação da qualidade da madeira.....	34
4.3	Delineamento estatístico e estimativa de parâmetros genéticos.....	39
5	RESULTADOS E DISCUSSÃO	41
5.1	Caracteres de crescimento e qualidade da madeira.....	41
5.2	Parâmetros genéticos para caracteres de crescimento e qualidade da madeira.....	44
5.3	Análise conjunta para os caracteres de crescimento e qualidade da madeira.....	46
5.4	Correlações genéticas entre caracteres e padrões de agrupamento entre progênies.....	48
6	CONCLUSÃO	52
	REFERÊNCIAS	53
	ANEXO A – Autorização para desbaste – IMASUL	63
	ANEXO B – CROQUI DO EXPERIMENTO	64

1 INTRODUÇÃO

As mudanças climáticas que vem se intensificando em nível regional e global são uma realidade explícita em decorrência da interferência antrópica, tal como a queima dos combustíveis fósseis e desmatamentos, que causam alterações na composição da atmosfera. É válido ressaltar que as mudanças climáticas, além da elevação da temperatura, consistem também em modificações na pluviosidade, circulação atmosférica, aumento do nível do mar entre outros. Essas modificações são capazes de impactar a biodiversidade de pequena a larga escala.

O Brasil é o país mais biodiverso do mundo, possuindo quase um terço da flora mundial distribuída em sete biomas: Amazônia, Caatinga, Cerrado, Chaco, Mata Atlântica, Pampa e Pantanal (VILLAS BÔAS; GADELHA, 2007; SILVA; ABDON; MENGATTO JÚNIOR, 2021; ZOCCAL, 2015). Além disso, o país também detém a maior diversidade de espécies arbóreas com cerca de 8.715 espécies descritas, do total de 60.065 espécies registradas, sendo 4.333 endêmicas (BEECH et al., 2017).

Todavia, a crescente expansão da agropecuária aliada a maior demanda por matéria prima florestal e demais ações antrópicas vem ameaçando a rica biodiversidade brasileira. Os altos números de desmatamentos, como por exemplo, cerca de três milhões de ha/ano somente no bioma do Cerrado, estão gerando diversos prejuízos para as populações naturais, em especial as espécies arbóreas, resultando em impactos irreversíveis (PAIVA; VALOIS et al., 2001; GUERRA et al., 2009; ALEIXO et al., 2010). Dentre os biomas brasileiros, o Cerrado e a Mata Atlântica já constam na lista de “Hotspots” de biodiversidade, ou seja, são regiões biogeográficas consideradas reservas de biodiversidade e, que podem estar ameaçadas. Sendo assim, essas regiões consistem em duas das ecorregiões prioritárias para conservação em nível mundial (MYERS et al., 2000).

Entre as espécies arbóreas nativas afetadas pelas ações humanas encontra-se a *Myracrodruon urundeuva* Fr. All., popularmente conhecida como aroeira, que está distribuída pelo Brasil nos biomas do Pantanal, Caatinga, Cerrado, Chaco e Mata Atlântica, além de ocorrências nos países Argentina, Paraguai e Bolívia (CARVALHO, 1994; LORENZI, 2014). Nos dias atuais, a *M. urundeuva* é considerada como uma espécie vulnerável, em uma categoria menos preocupante, mas o grau de degradação das populações naturais em todos estes diferentes biomas ainda não é bem

conhecido, sustentando a importância de estratégias para conservação dessa espécie (CENTRO NACIONAL DE CONSERVAÇÃO DA FLORA - CNCFLORA, 2022).

O declínio populacional e, conseqüentemente, da variabilidade genética devido a perda de alelos adaptativos entre e dentro de populações naturais de *M. urundeuva*, ocorre em decorrência da ação antrópica extrativista e irracional, tornando fundamental a conservação dos recursos genéticos, para que possam ser utilizados para conservação, domesticação e melhoramento genético (FREITAS, 2006).

Assim, estratégias de conservação *in situ* e *ex situ* são fundamentais. Para espécies vindas de áreas muito fragmentadas, pode-se adotar estratégias de conservação *ex situ*, mantendo uma amostra representativa de indivíduos e garantindo a manutenção de genes ou complexos de genes fora de seus habitats, para caracterização, avaliação, multiplicação e proteção (LLERAS, 1992; PAIVA; VALOIS et al., 2001). Um dos meios para isso, são os testes de progênies, permitindo estimar parâmetros genéticos para caracteres de crescimento, adaptação e qualidade da madeira a partir da genética quantitativa (GANDARA; KAGEYAMA, 1998).

Uma outra alternativa para manutenção da viabilidade da espécie está relacionada a valorização econômica, que incentive o surgimento de novos plantios para a exploração ecologicamente correta da casca e da madeira (SOUSA et al., 2020). Portanto, o conhecimento de atributos associados a qualidade da madeira de *M. urundeuva* são relevantes para esclarecer o potencial de uso e aproveitamento (LONGUI et al., 2017).

Dentre os caracteres de qualidade da madeira, a densidade básica tem grande destaque, juntamente a relação cerne/alburno, devido à facilidade de determinação em função da utilização de materiais menos complexos e também à relação com aspectos econômicos e tecnológicos, como a resistência mecânica, durabilidade e outros (BRITO; BARRICHELO, 1980; TUNG et al., 2011). Foelkel et al. (1971) salienta a importância da estimativa da densidade básica, visto que esta característica vem tornando-se o mais universal dos índices para demonstrar a qualidade da madeira.

Porém, a difusão de conhecimentos relacionados a espécie em suas primeiras décadas de desenvolvimento é escassa na literatura. Logo, este estudo possui o intuito de evidenciar o potencial destas características para o melhoramento genético, além de fornecer informações sobre a variabilidade genética de duas procedências de *M. urundeuva* para fins de conservação da espécie, considerando a alta resistência e durabilidade da madeira e a sua importância quanto espécie nativa brasileira.

2 OBJETIVOS

O objetivo geral do estudo foi conhecer a variabilidade genética em duas populações de *Myracrodruon urundeuva*, procedentes dos biomas Caatinga e Mata Atlântica, em uma região do bioma Cerrado.

Para tanto, têm-se os seguintes objetivos específicos:

i) avaliar a variação genética para os caracteres relacionados ao crescimento (altura total e altura comercial) e qualidade da madeira (densidade básica da madeira e a relação cerne/alburno);

ii) verificar se existe correlação genética entre os caracteres avaliados e;

iii) investigar a divergência genética entre progênies dentro de diferentes populações.

3 REVISÃO DE LITERATURA

3.1 *Myracrodruon urundeuva* Fr. All

O Sistema de Classificação Cronquist (1981) classifica a taxonomia da *Myracrodruon urundeuva* Fr. All. como pertencente à hierarquia: Divisão: Magnoliophyta (Angiospermae); Classe: Magnoliopsida (dicotyledonae); Ordem: Sapindales; Família: Anacardiaceae; Espécie: *Myracrodruon urundeuva* Fr. All.

O gênero *Myracrodruon* foi descrito primeiramente por Freire Allemão, em 1862 (SANTIN, 1989) e, atualmente, a espécie *M. urundeuva* é conhecida popularmente por diversos nomes populares, como: aroeira, aroeira do sertão, aroeira do cerrado, aroeira preta, aroeira da serra, orindeuva, urundeúva, entre outros (LORENZI, 2002; CARVALHO, 2003).

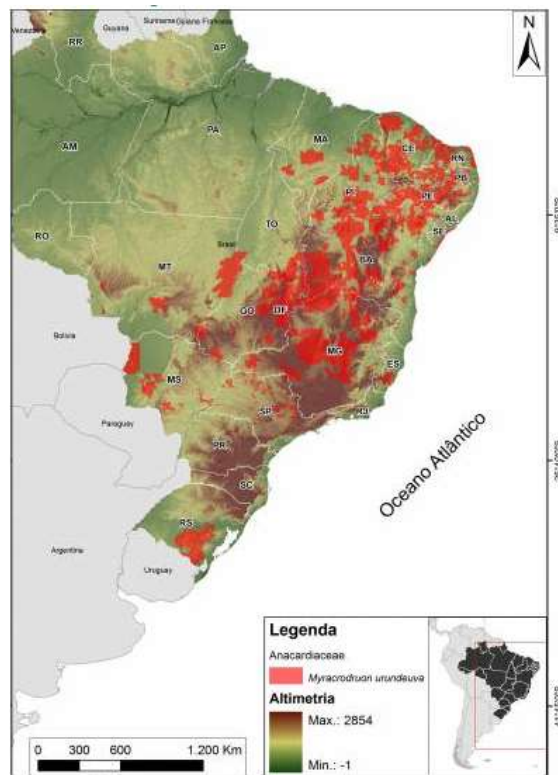
Todavia, outras espécies arbóreas também são conhecidas por “aroeira” como o caso da Aroeira Branca e Aroeira Vermelha, *Lithraea molleoides* e *Schinus terebinthifolius*, respectivamente (SOUZA; LORENZI, 2005; GUERRA et al., 2009).

A aroeira é considerada como uma espécie arbórea tropical e caracterizada como decídua, heliófita e seletiva xerófila, capaz de suportar condições edafoclimáticas adversas (SANTIN; LEITÃO FILHO, 1991; LORENZI, 2014). Oliveira et al. (2014) classificaram *M. urundeuva* como secundária tardia na sucessão ecológica, mas, em ambientes modificados ou muito antropizados pode comportar-se como pioneira antrópica ou monodominante.

A *M. urundeuva* é uma espécie considerada dióica (SANTIN; LEITÃO FILHO, 1991), porém existem relatos de monoícia e ocorrência de hermafroditismo com dioícia (CARVALHO, 2003; SANT’ANA, 2017).

De acordo com Rizzini (1971) e Lorenzi (1992), a ocorrência de *M. urundeuva* é mais frequente nos estados de: Bahia (caatinga), Espírito Santo, Goiás, Maranhão, Mato Grosso do Sul, Minas Gerais, Paraíba, Pernambuco, Piauí, Rio Grande do Norte, São Paulo, Rio de Janeiro e Sergipe (Figura 1). Apresenta também ocorrência na região Sul do país, no entanto, neste caso com poucas aparições.

Figura 1. Mapa de ocorrência da *Myracrodruon urundeuva* no território nacional, conforme o Centro Nacional de Conservação da Flora.



Fonte: CNCFlora (2022).

A semente é única (0,2 a 0,4 cm de diâmetro), fotoblástica positiva, não apresenta dormência física, com temperatura de germinação ideal por volta de 15 – 35°C, epígia e com tempo médio de dois dias; o fruto é drupa globosa ou ovoide; a dispersão é do tipo anemocórica, polinizada por insetos pequenos mas, principalmente, pelas abelhas (MEDEIROS, 1996; FIGUEIRÔA et al., 2004; NUNES et al., 2008). Economicamente, a semente possui alta utilização em programas de reflorestamento, recuperação de áreas degradadas, recomposição de reservas legais, áreas de preservação permanente, sistema convencional (homogêneo), silvipastoril ou agroflorestal (FREITAS et al., 2005).

A inflorescência é do tipo paniculada terminal e as flores são de coloração amarela, agrupadas em panículas de até 20 cm de comprimento (CARVALHO, 2003; CANUTO, 2009) (Figura 2). O período de floração ocorre entre julho a setembro e a maturação dos frutos entre setembro a outubro (LORENZI, 1992; ANDRADE et al., 2000) e a razão sexual é variável com a maioria das plantas adultas com florações masculinas (60,5 % a 61,6%) (GAINO et al., 2010; KILL et al., 2010).

Figura 2. Inflorescência de *Myracrodruon urundeuva* aos 24 anos de idade, em Selvíria/MS.



Fonte: Próprio autor.

A espécie possui uma madeira que varia de rosa claro a vermelha escura, quando cortada (LORENZI, 1992) (Figura 3). É altamente resistente e durável, em razão da elevada concentração de taninos e compostos fenólicos. Conseqüentemente, possui elevado valor econômico e torna-se altamente visada para a confecção de esteios, mourões, além da extração de taninos do cerne utilizados em curtume (CARVALHO, 1994).

Figura 3. Variação na dimensão e coloração do cerne de *Myracrodruon urundeuva* aos 24 anos de idade, em Selvíria/MS.



Fonte: Próprio autor.

Sua casca possui espessura de até 15 mm, externamente apresenta-se castanho escura, áspera, suberosa e com a presença de sulcos. As árvores adultas, apresentam casca com placas escamiformes e nas jovens é lisa, cinzenta e coberta de lenticelas (CARVALHO, 2003). Apresenta propriedades balsâmicas sendo muito

utilizada para a elaboração de medicamentos caseiros, como no caso do semicúpio, popularmente conhecido como banho-de-assento e também para tratamento de ferimentos e infecções (MORS et al., 2002; SOUSA; MATOS, 2002; GUERRA et al., 2009) (Figura 4).

Figura 4. Casca de *Myracrodruon urundeuva* aos 24 anos de idade, em Selvíria/MS.



Fonte: Próprio autor.

O porte varia de acordo com a distribuição, chegando a 30 metros de altura, apresentando tronco comumente curto e tortuoso na caatinga, porém com fustes maiores na floresta pluvial (RIZZINI, 1971; SANTIN; LEITÃO FILHO, 1991). Em relação a ramificação, é considerada como dicotômica a irregular, simpodial e a copa como sendo irregular, paucifoliada (CARVALHO, 2003) (Figura 5). Além disso, a *M. urundeuva*, apresenta o caráter diâmetro a altura do peito (DAP) bem definido, com valores entre 30 e 60 centímetros (LORENZI, 2002).

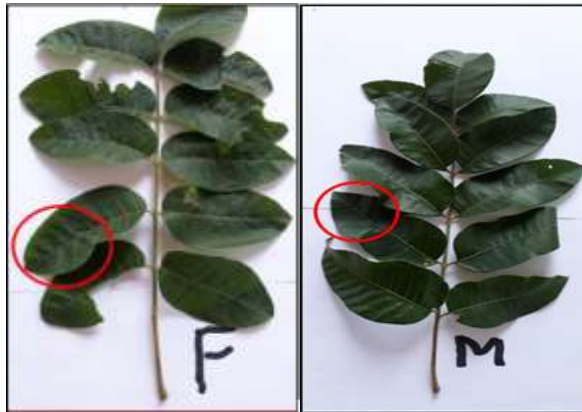
Figura 5. Fuste de *Myracrodruon urundeuva* aos 24 anos de idade, em Selvíria/MS. (a) Procedente do bioma Caatinga (b) Procedente do bioma Mata Atlântica.



Fonte: Próprio autor.

É uma espécie caducifólia e suas folhas são compostas, imparipinadas e possuem até 5 cm de comprimento e 3 cm de largura, de inserção alternada, com 5 a 7 pares de folíolos opostos. Estes quando macerados exalam odor de terebintina (CARVALHO, 2003) (Figura 6).

Figura 6. Folhas de *Myracrodruon urundeuva* (a) femininas com nervuras laterais desencontradas na porção final da folha e (b) masculinas nervuras laterais que se encontram na porção final da folha.



Fonte: Cambuim (2019).¹

A raiz é fasciculada e é capaz de procurar água e nutrientes de forma mais expansiva. Esta pode estender suas ramificações até onde espaço físico permitir, a qual define, juntamente as necessidades fisiológicas, a profundidade das raízes (PRETZSCH; RAIS, 2016; SAUL et al., 2021) (Figura 7). As raízes são muito utilizadas em tratamentos contra o reumatismo (CARLINI et al., 2010).

Figura 7. Sistema radicular superficial de *Myracrodruon urundeuva* aos 24 anos de idade, em Selvíria/MS.



Fonte: Próprio autor.

¹ CAMBUIM, J. (Comunicação pessoal, 14 nov. 2019).

A *M. urundeuva* é adaptada a ambientes secos e com baixa pluviosidade (SILVA et al., 2011) além da capacidade de se regenerar naturalmente em solos degradados por processos erosivos e de baixa qualidade (VENTUROLI; FAGG; FELIFILI, 2011; VOLPATO; MARTINS, 2013; BERTONHA et al., 2016; DOMINGOS; DA SILVA, 2020).

Em relação as suas necessidades nutricionais, a espécie apresenta alta eficiência no uso do nitrogênio, potencial de fitoextração de cobre, tolerância a arsênio e zinco, no entanto, neste segundo caso em altas dosagens a germinação tende a diminuir (GOMES et al., 2013a; GOMES et al., 2013b; GOMES; SOARES; GARCIA, 2014; SILVA et al., 2018; ASENSIO et al., 2018; ASENSIO et al., 2019; DOMINGOS; DA SILVA, 2020).

3.2 Qualidade da Madeira

A madeira, trata-se de um material orgânico sólido, poroso, heterogêneo, anisotrópico, higroscópico. É composta por compostos orgânicos como celulose, hemicelulose, lignina e compostos inorgânicos (KLOCK, 2000).

A partir de sua composição é possível escolher as suas melhores finalidades. No entanto, a madeira apresenta variabilidade entre suas características tecnológicas, ressaltando assim a necessidade de estudos sobre o comportamento de suas propriedades. Por exemplo, para fins madeireiros é indicado que a matéria prima apresente coloração uniforme, boa densidade básica, resistência mecânica e trabalhabilidade (BURGER; RICHTER, 1991; KLOCK, 2000; BATISTA et al., 2010; CARVALHO et al., 2010)

A densidade básica da madeira é apontada como índice universal para a avaliação da qualidade da madeira e um dos principais parâmetros utilizados no melhoramento genético (CHIMELO, 1980; SANTOS; SANSÍGOLO, 2007). Ela pode ser definida como uma propriedade física que relaciona a razão da massa da madeira totalmente seca em estufa e o seu volume saturado (PANSHIN; ZEEUW, 1980; VITAL, 1984; OLIVEIRA, 1997). A partir do seu cálculo é possível inferir sobre a resistência da madeira (MOURA; VALE, 2002).

Para *M. urundeuva* aos 24 anos de idade, a densidade básica da madeira teve valor médio de $0,78 \text{ g cm}^{-3}$ em um teste de progênies e em condições de monodominância, respectivamente, relatados por Tung et al. (2011) e Oliveira (2015). Já em populações mais jovens, com 18 anos, Florsheim e Tomazello Filho (1992) obtiveram os valores de $0,73 \text{ g cm}^{-3}$. De acordo com Lorenzi (2014), a densidade da madeira desta espécie pode chegar a $1,19 \text{ g cm}^{-3}$. A alta densidade é o motivo pela qual sua madeira foi intensamente explorada para ser utilizada em obras externas, na fabricação de postes e vigas, entre outros (CARVALHO, 2003; MAIA, 2004; SILVA, et al., 2017).

De acordo com o Instituto de Pesquisas Tecnológicas - IPT (1985), pode-se classificar as madeiras de acordo com a sua densidade básica, portanto, têm-se que: madeiras de baixa densidade para valores menores ou iguais a $0,50 \text{ g cm}^{-3}$, média densidade para valores entre $0,51$ e $0,72 \text{ g cm}^{-3}$ e alta densidade para valores maiores que $0,73 \text{ g cm}^{-3}$.

Para a tecnologia da madeira, outra importante propriedade a ser quantificada são as dimensões do cerne e alburno e a sua relação (OLIVEIRA, 1997). O alburno apresenta coloração mais clara e é constituído por células funcionais responsáveis por conduzir água e solutos. No entanto, quando essas células deixam de ser funcionais, ou seja, tornam-se inativas para o transporte em decorrência da morte do parênquima radial, estas passam a constituir o cerne. O cerne, por sua vez, apresenta coloração escura e é constituído por resinas, compostos fenólicos, gomas e óleos (COSTA et al., 2003).

A partir da quantificação desses atributos e da relação entre ambos, é possível escolher as melhores finalidades para a madeira. Silva (2002), citado em Pereira et al. (2013), afirmou que madeiras com maiores porcentagens de cerne apresentam maior valor tecnológico e são mais indicadas para a fabricação de móveis, serrarias e para construção civil.

No entanto, devido a fatores como variabilidade entre espécies, idade da madeira, entre outros, a relação entre a densidade básica da madeira torna-se difícil de ser avaliada isoladamente (PANSIN; DE ZEEUW, 1980). A associação entre a densidade básica da madeira e a relação cerne/alburno não é uma regra e, em um estudo conduzido por Pereira et al. (2013) em *Eucalyptus* sp., as correlações entre esses atributos foram negativas. Dessa forma, investigar esses caracteres e a existência de correlação genética e/ou fenotípica entre eles, é importante para ampliar o conhecimento sobre as propriedades da madeira de *M. urundeuva*, viabilizando sua conservação e melhoramento genético.

3.3 Parâmetros genéticos e conservação da espécie

A iminente ameaça de extinção de muitas espécies, inclusive de arbóreas (LEDIG, 1988; PINTO et al., 2004), torna fundamental a necessidade de estudos de genética de populações, objetivando traçar estratégias de conservação e melhoramento genético (PINTO et al., 2004; CANUTO, 2009).

A implantação de programas genéticos, como o Programa de Conservação dos Recursos Genéticos de Essências Nativas, criado em 1979 pelo Instituto Florestal de São Paulo, em parceria com a EMBRAPA, foram importantes para incentivar a realização de programas de melhoramento genético ou de conservação genética, permitindo assegurar melhores condições de recursos genéticos para as próximas gerações (NASS, 2001; RIVA et al., 2020), visto que, a diversidade genética é uma condição fundamental para evolução adaptativa, resiliência e sobrevivência das espécies (CANUTO, 2009).

Para os programas de melhoramento e conservação genética, o enfoque deve ser dado ao conhecimento da biologia reprodutiva e estrutura genética, métodos de propagação, tamanho efetivo populacional e variação genética entre e dentro das populações de estudo (KAGEYAMA, 1990; RESENDE, 1999; SEBBENN, 2003). Os programas de conservação genética fundamentam-se nas estimativas de parâmetros genéticos populacionais, na predição e quantificação de ganhos por intermédio dos testes de progênies que fornecem informações sobre potencial genético real de indivíduos, famílias e clones, entre outros, que podem servir como subsídio para o melhoramento (RESENDE, 1991, FERNANDES et al., 2004; CANUTO, 2009).

A fim de garantir a sobrevivência das espécies mais vulneráveis, foi proposta a estratégia de conservação genética *ex situ* de germoplasma vegetal. Para tanto, tem-se utilizado os testes de progênies e procedências, a qual são coletadas sementes de grande números de povoamentos advindos de diferentes localidades e instaladas fora de seu hábitat (GUERRA et al., 2009). Tal procedimento, permite determinar o valor reprodutivo dos indivíduos selecionados, estimar parâmetros genéticos para, por exemplo, caracteres silviculturais e de qualidade da madeira, a estrutura genética e estimar ganhos com a seleção, obtendo resultados capazes de orientar as decisões práticas de maneira assertiva em programas de melhoramento genético (KAGEYAMA, 1990; RESENDE, 1999; SEBBENN, 2003; CANUTO, 2009).

A conversão de um teste de progênies em um pomar de sementes por mudas (PSM) permite selecionar e manter indivíduos e/ou famílias superiores, conservando preferencialmente, ampla base genética. Os pomares constituem um dos métodos mais utilizados para produção de sementes melhoradas de forma rápida, simples operacionalização e a baixo custo (HIGA; SILVA, 2006; RIVA et al., 2020; ZULIAN, 2021). As progênies presentes no teste devem ser avaliadas com base no desempenho de suas características silviculturais, como vigor no crescimento, forma do fuste, densidade da madeira e resistência a doenças e pragas, entre outros. Os indivíduos que expressam inferioridade nessas características são retiradas do teste pelo desbaste seletivo, o qual resulta também no aumento da copa das árvores que permaneceram, favorecendo o cruzamento entre indivíduos selecionados e a produção de sementes.

Para que a transformação de um teste de progênies em um PSM ocorra de maneira correta e eficaz, devem ser considerados alguns fatores como: a) o local adequado para produção de sementes, ou seja, que permita os processos de florescimento, polinização, fertilização do óvulo e desenvolvimento das sementes; b) o local isolado contra pólen não desejável; c) delineamento inicial, considerando a necessidade de espaço para crescimento futuro das árvores e d) o local e as árvores devem ser de fácil acesso (HIGA et al., 1992).

Outro fator importante para o sucesso da seleção consiste no propósito de que os experimentos de campo devem estar bem delineados, geralmente em blocos casualizados ou látice, e bem conduzidos para a obtenção de um banco de dados mais confiáveis (BISON, 2004). Para análise de dados, a metodologia mais difundida entre as espécies perenes e florestais é o modelo misto do tipo REML/BLUP (máxima verossimilhança restrita/melhor predição linear não viciada), por lidar com desbalanceamento inerente dos experimentos mantidos por longos períodos no campo e a perda de informações de parcelas (GUERRA et al., 2009), permitindo a predição de valores genéticos aditivos e genotípicos, tanto em nível intrapopulacional como interpopulacional (RESENDE, 2000).

Dentre os parâmetros genéticos utilizados nos testes de progênies, o coeficiente de herdabilidade apresenta maior destaque (BORÉM; MIRANDA, 2005; SAUL et al., 2021). A herdabilidade trata-se da variabilidade total que está retida na descendência. Este coeficiente pode apresentar-se em dois sentidos: no sentido restrito e amplo. No sentido restrito, tem-se a proporção da variabilidade observada

causada apenas por efeitos aditivos dos genes, sendo utilizada no melhoramento genético e ao considerar a propagação via sexuada. Já no sentido amplo, tem-se a proporção da variabilidade observada causada por efeitos dos genes. A relevância das estimativas de herdabilidade dos efeitos de parcela se comparadas as herdabilidades entre e dentro de famílias, aumenta conforme eleva-se o número de indivíduos por parcelas nos testes de progênies (VENCOVSKY, 1969; ALLARD, 1971; FONSECA, 1979; RESENDE; HIGA, 1994; RESENDE; FERNANDES, 1999; CARVALHO et al., 2001).

De acordo com Tung et al. (2011) a determinação da variabilidade genética intrapopulacional é baseada em quantificar a variação genética entre as progênies e conhecer o controle genético dos caracteres de interesse para a seleção, sendo estes fatores cruciais para a elaboração de estratégias de melhoramento mais assertivas.

O coeficiente de variação genética é capaz de detectar e quantificar essa variabilidade genética. O coeficiente é expresso pela magnitude da variação genética em relação a média do caráter avaliado (RESENDE et al., 1991). Trata-se de um parâmetro que tem sido muito difundido entre os melhoristas para estudos genéticos iniciais com espécies nativas (KAGEYAMA, 1990; RESENDE, 1999). O coeficiente de variação experimental reflete a precisão do experimento (SAUL et al., 2021) e confiabilidade dos resultados obtidos.

Outro parâmetro genético importante refere-se a acurácia, responsável por estimar a precisão na seleção e está ligada a herdabilidade do caráter avaliado (MAIA et al., 2014), sendo capaz de relacionar os valores genéticos preditos e valores genéticos reais dos indivíduos (RESENDE; DUARTE, 2007; SAUL et al., 2021). De acordo com Resende e Duarte (2007) a acurácia pode ser classificada como: muito alta (valores superiores à 0,90), alta (0,70 – 0,90), moderada (0,50 – 0,70) e baixa (valores inferiores à 0,50).

Já o coeficiente de determinação dos efeitos ambientais entre parcelas, permite a identificação da variabilidade espacial dentro dos blocos (homogêneos) (STURION; RESENDE, 2005).

Trazendo os parâmetros mencionados para a utilização nas avaliações em espécies florestais, segundo Barrichelo (1979), citado por Tung et al. (2011), os caracteres de adaptação, crescimento, forma do fuste e qualidade da madeira definem a seleção das árvores superiores em grande parte dos testes genéticos.

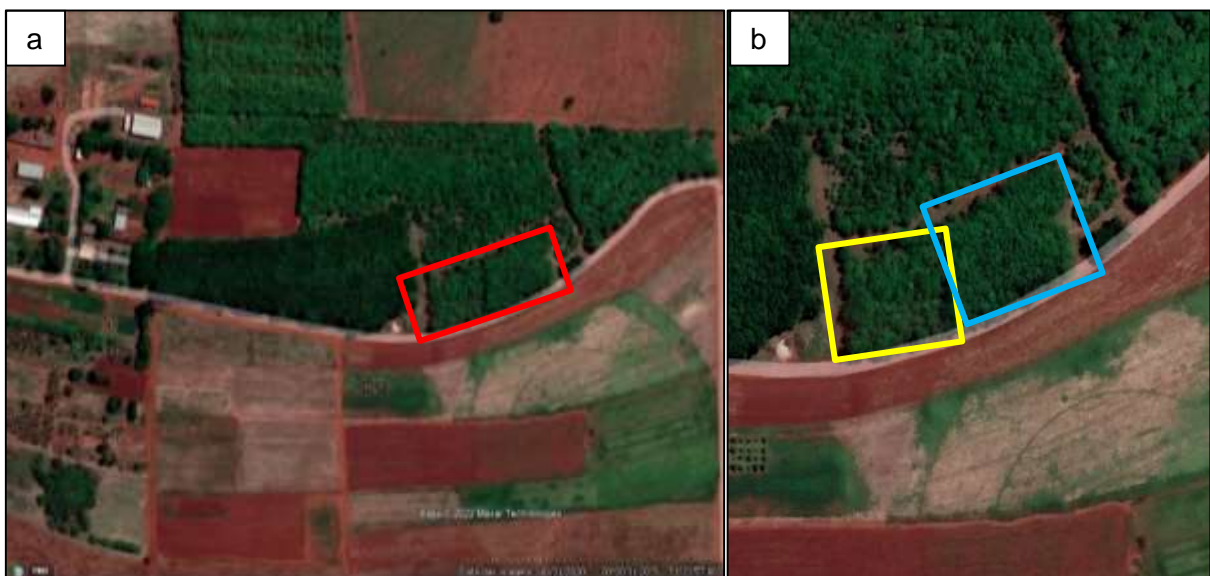
A densidade básica da madeira é um caráter importante para o melhoramento das propriedades da madeira, pois trata-se de um caractere de fácil seleção, uma vez que, apresenta alta herdabilidade (CHIMELO, 1980; LOPES; GARCIA, 2002). Contrastante a este caráter, a altura, o diâmetro a altura do peito (DAP) e o volume apresentam menor herdabilidade (TUNG et al., 2011). Entretanto, os estudos das características inerentes à qualidade da madeira, como densidade básica e relação cerne/alburno, são reduzidos em espécies arbóreas nativas se comparadas a espécies altamente comercializáveis, como as do gênero *Eucalyptus* (FERNANDES, 1982; MORAES, 1987; SCHACHT, 1998; SANTOS, 2002; GARCIA, 2005; TUNG et al., 2011).

4 MATERIAL E MÉTODOS

4.1 Material e localização da área de estudo

As duas populações de *Myracrodruon urundeuva* são provenientes de polinização aberta, sendo a primeira procedente de 30 árvores matrizes da Estação Ecológica do Instituto Florestal, localizada na Floresta Estacional Semidecidual (Mata Atlântica), em Paulo de Faria-SP (19°58'S e 49°32'W; 495 m de altitude; tipo de clima Aw – POP-PF); e a segunda procedente de 12 árvores matrizes da Estação Ecológica de Seridó, localizada no bioma Caatinga, em Serra Negra do Norte-RN (6°66'S e 37°40'W; 160 m de altitude; tipo de clima BsWh – POP-RN), ambas as estações encontram-se em áreas preservadas. A partir das sementes, foram instalados em abril de 1997, dois testes de progênes (ANEXO B) na Fazenda de Ensino, Pesquisa e Extensão (FEPE), da Faculdade de Engenharia de Ilha Solteira, localizada em Selvíria-MS, em uma região da costa leste do Mato Grosso do Sul, de bioma predominante de Cerrado (20°20'31.2"S 51°23'57.8"W, 361 m de altitude; tipo de clima Aw). O local possui precipitação média anual de 1.309,4 mm e 24,8 °C de temperatura média anual (Canal CLIMA da UNESP Ilha Solteira, 2018) (Figura 8). O solo da região foi classificado como LATOSSOLO VERMELHO Distrófico típico (SANTOS, 2018).

Figura 8. (a) Testes progênes de *Myracrodruon urundeuva* aos 24 anos de idade, em Selvíria/MS, via satélite; (b) TP-POP-RN em amarelo e TP-POP-PF em azul.



Fonte: Google Earth(2022).

Para ambos os testes, o delineamento experimental consistiu em blocos casualizados, no espaçamento 3,0 x 1,6 metros e o com 10 plantas por parcela de forma linear. No TP-POP-PF são 30 tratamentos (progênes) e três repetições; no TP-POP-RN são 12 tratamentos (progênes) e seis repetições (Figura 9).

Figura 9. Testes de progênes de *Myracrodruon urundeuva* aos 24 anos de idade, em Selvíria/MS.



Fonte: Próprio autor.

4.2 Avaliação da qualidade da madeira

Para avaliar os caracteres associados a qualidade da madeira foi conduzido um desbaste seletivo em árvores dos testes de progênes das duas populações de *M. urundeuva*. Aos 24 anos, o desbaste foi realizado mediante a aprovação da licença de corte solicitada ao Instituto de Meio Ambiente de Mato Grosso do Sul (IMASUL) (ANEXO A). O método utilizado foi a seleção dentro de parcelas, eliminando as cinco árvores com o menor valor genético (BLUP) em relação ao DAP, totalizando 439 árvores desbastadas. Em campo, foram marcadas as árvores a serem desbastadas de acordo com a seleção e avaliação fenotípica em campo, tendo em vista os critérios de diâmetro do fuste, índice de tortuosidade e bifurcação (Figura 10).

Figura 10. Marcação em tinta *spray* laranja realizada nos indivíduos inferiores pré-desbaste em dois testes de progênies de *Myracrodruon urundeuva* aos 24 anos de idade, em Selvíria/MS.



Fonte: Próprio autor.

Nas árvores abatidas, foram amostrados discos de madeira, com cerca de 5 cm de espessura e em quatro pontos do fuste: na altura da base (BA); diâmetro a altura do peito (DAP - 1,30 m do solo); metade da altura comercial (50% HC) e na altura comercial (100% HC). Mensurou-se a altura total (HT, m) e a altura comercial (HC, m; obtida no diâmetro mínimo comercializável, verificado por gabarito com 3 cm). Todos os discos foram devidamente identificados com a procedência, repetição, árvore, progênie e a seção do disco. Posteriormente, o material foi levado para o Laboratório de Genética de Populações, Evolução e Silvicultura (Figura 11), onde foram realizadas as avaliações.

Figura 11. Identificação dos discos das árvores debastadas em dois testes de progênie de *Myracrodruon urundeuva* aos 24 anos de idade, em Selvíria/MS.



Fonte: Próprio autor.

Nos discos foram avaliados os diâmetros com o auxílio de régua graduada. Duas medidas perpendiculares foram tomadas para cada disco, para obtenção do diâmetro médio do disco com casca (D_{cc} , cm) e sem casca (D_{sc} , cm). O diâmetro médio do cerne (D_c , cm) foi obtido de modo semelhante, mas identificando a região do cerne pela diferença de coloração (Figura 12). Para determinar a relação cerne/alburno (RCA) foram utilizadas as medições obtidas de discos da BA, DAP, 50% HC e 100% HC, calculada conforme Pereira et al. (2013): $RCA = \frac{(D_c)^2}{(D_{sc}^2 - D_c^2)}$, em que: D_c refere-se ao diâmetro médio do cerne e D_{sc} ao diâmetro médio do disco sem casca.

Figura 12. D_{cc} : Diâmetro com casca (em vermelho, D_{cc} horizontal; em azul, D_{cc} vertical); D_{sc} : Diâmetro sem casca (em laranja, D_{sc} horizontal; em verde, D_{sc} vertical); D_c : Diâmetro do cerne (em amarelo, D_c horizontal; em roxo, D_c : vertical).



Fonte: Próprio autor.

A densidade básica da madeira (DB) foi aferida nos discos amostrados na altura do DAP, 50% HC e 100% HC. Após medidos, os discos da base foram enviados para o laboratório do Instituto Florestal de São Paulo para avaliação da anatomia da madeira e, por essa razão, não foi obtido a DB desses discos. A determinação da DB foi realizada por medição indireta do volume (balança hidrostática) descrito pelo método adaptado de Foelkel et al. (1971). Os discos foram submersos em uma caixa d'água de 500L, juntamente a uma solução de Hidróxido de Sódio (NaOH), visando a inviabilização do desenvolvimento de agentes patológicos. Estes permaneceram em repouso até a completa saturação das fibras, verificada a partir da estabilização do peso úmido dos discos após 52 dias (Figura 13).

Figura 13. Discos submersos das árvores debastadas de *Myracrodruon urundeuva* aos 24 anos de idade, na FEIS/UNESP.



Fonte: Próprio autor.

Posteriormente, com uma balança digital, dispositivo para a imersão e um recipiente com 5L de água, foram obtidos o peso úmido (P_u) e o peso imerso (P_i) dos discos amostrados nos diferentes pontos do fuste. Por fim, os discos foram acondicionados em estufa com circulação forçada de ar, com temperatura de $103 \pm 2^\circ\text{C}$, permanecendo até total estabilização para a obtenção do peso seco (P_s) em estufa (Figura 14). A DB foi calculada conforme a equação: $[DB (\text{g cm}^{-3}) = P_s/P_i]$ (FOELKEL et al., 1971), considerando a densidade da água como 1 g cm^{-3} . A densidade básica média da árvore (DBM, g cm^{-3}) foi obtida por meio da equação: $DBM = \frac{[DB (DAP) + DB (50\% HC)]}{2}$ em que: **DB** refere-se a densidade básica do disco obtido na altura do DAP e na metade da altura comercial (BUSNARDO et al., 1983).

Figura 14. (a) Obtenção peso úmido; (b) Obtenção peso imerso; (c) Discos em estufa (d) Peso seco de *Myracrodruon urundeuva* aos 24 anos de idade, Laboratório de Genética de Populações, Evolução e Silvicultura da FEIS/UNESP.



Fonte: Próprio autor.

4. 3 Delineamento estatístico e estimativa de parâmetros genéticos

O procedimento REML/BLUP (máxima verossimilhança restrita/melhor predição linear não viciada), via metodologia dos modelos lineares mistos, foi utilizado nas análises individuais e conjuntas para estimar os componentes de variância e os parâmetros genéticos dos caracteres avaliados em ambos os testes de progênies. Para se obter essas estimativas utilizou-se o *Software* SELEGEN (RESENDE, 2016): “modelo 93”, nas análises individuais (1):

$$\mathbf{y} = \mathbf{Xr} + \mathbf{Za} + \mathbf{Wp} + \mathbf{e}; \quad (1)$$

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} . Nas análises conjuntas utilizou-se o “modelo 5” (2):

$$\mathbf{y} = \mathbf{Xr} + \mathbf{Za} + \mathbf{Wp} + \mathbf{Ts} + \mathbf{e}; \quad (2)$$

em que: s é o vetor dos efeitos de população e os demais vetores são semelhantes ao modelo 93 (1). De igual forma, em relação as matrizes de incidência com a inclusão da matriz T .

A partir desses modelos foram estimados os seguintes parâmetros: herdabilidades: individual dos efeitos aditivos (\hat{h}_a^2), média de progênies (\hat{h}_m^2) e aditiva dentro de parcela (\hat{h}_{ad}^2); acurácia (r_{aa}); coeficientes de determinação: dos efeitos de parcelas (\hat{C}^2) e dos efeitos de populações (\hat{C}_p^2); coeficientes de variação: genética aditiva individual (CV_{gi}), genotípica entre progênies (CV_{gp}), relativa (CV_r) e experimental (CV_e); média geral (\hat{m}); LRT (Teste da razão de verossimilhança). As expressões matemáticas desses parâmetros podem ser encontradas em Vencovsky e Barriga (1992) e Resende (2002).

As correlações genéticas (r_g) entre os caracteres foram obtidas após análise das variáveis no “modelo 93” e submissão do arquivo de dados ao “modelo 102”, do Selegen. Para estimar a significância de r_g utilizou-se o teste-t conforme a expressão:

$$t = r_g \times \sqrt{\frac{n-2}{1-r_g^2}} \quad (3)$$

em que: r_g é a correlação genética e n é o número de pares de dados da análise conjunta das variáveis.

As duas populações de *M. urundeuva* também foram avaliadas por análise multivariada, envolvendo os caracteres altura total, altura comercial, relação cerne/alburno obtida de discos amostrados na base, DAP e metade da altura comercial e; densidade básica de discos do DAP, metade da altura comercial e densidade básica média de árvores. Para tanto, usou-se o modelo 104 do Selegen para estimar as distâncias estatísticas de Mahalanobis em nível genotípico e obter o agrupamento de Tocher (RAO, 1952).

5 RESULTADOS E DISCUSSÃO

5.1 Caracteres de crescimento e qualidade da madeira

Aos 24 anos após o plantio, as médias das árvores abatidas de *M. urundeuva* foram: 5,80 m e 7,53 m para HT (altura total); 3,74 m e 5,77 m para HC (altura comercial), para TP-POP-RN e TP-POP-PF, respectivamente (Tabela 1). Assim, o maior crescimento em altura foi observado para TP-POP-PF. Bertonha et al. (2016), avaliando um teste de progênes de *M. urundeuva* procedentes da Estação Ecológica de Paulo de Faria aos 16 anos de idade em Selvíria/MS, obtiveram médias de 9,44 m para altura total em sistema homogêneo e 5,27 m em sistema consorciado com *Corymbia citriodora*. Tung et al. (2010) encontraram 9,11 m para altura total em população base de *M. urundeuva* provenientes e instaladas em Selvíria/MS, aos 19 anos após o plantio. Martins et al. (2018) constataram uma média de altura de 11,93 m aos 31 anos de idade, em um teste de progênes de *M. urundeuva* de 5 procedências distintas no Instituto Florestal de São Paulo (IFSP), na Estação Experimental de Pederneiras/SP. Zulian (2021) encontrou 8,80 m para população base e 9,90 m para Área de Produção de Sementes Especiais de *M. urundeuva* procedentes de Bauru/SP e Selvíria/MS, aos 31 anos. Esses valores foram superiores ao verificado para as populações de *M. urundeuva* dos biomas Caatinga e Mata Atlântica. No entanto, deve-se considerar que o material estudado refere-se as árvores desbastadas e, portanto, de desempenho foi inferior em relação as demais, que permaneceram na área para constituição de um Pomar de Sementes por Mudanças.

Para a RCA (relação cerne/alburno) obtida de discos amostrados na altura da base (BA), os valores médios obtidos foram de 0,37 e 0,32; para diâmetro altura do peito (DAP) foram de 0,24 e 0,19; e na metade da altura comercial (50%HC) de 0,13 e 0,18, para TP-POP-RN e TP-POP-PF, nesta ordem, sendo TP-POP-RN a população que apresentou maiores médias em todos os discos amostrados, exceto para 50%HC. Os valores apresentaram uma tendência no sentido longitudinal do fuste, em que quanto maior a altura do disco amostrado menor foi a RCA. Tal fato, deve-se ao padrão de crescimento das espécies arbóreas, em que o crescimento em altura ocorre durante toda a vida da árvore a partir dos meristemas apicais, ou seja, os tecidos do topo serão mais jovens e ainda estarão iniciando o crescimento secundário (em diâmetro), que por sua vez, já está estabelecido nas regiões inferiores da árvore. Aos 31 anos de idade, Riva et al. (2020), em testes de progênie em Selvíria/MS,

encontraram os valores de 0,72 para uma população de *M. urundeuva* procedente de Bauru/SP e 0,76 para a população procedente de Selvíria/SP, em discos amostrados na base.

A DB (densidade básica da madeira) para discos amostrados no sentido longitudinal do fuste, de árvores do TP-POP-RN e TP-POP-PF foram, respectivamente: 0,71 e 0,66 g cm⁻³ para DAP; 0,69 e 0,63 g cm⁻³ para 50%HC. Para a densidade básica média da árvore (DBM), os valores foram de 0,68 g cm⁻³ para TP-POP-RN e 0,63 g cm⁻³ para TP-POP-PF. Portanto, TP-POP-RN apresenta maior DB e DBM se comparada a TP-POP-PF, podendo ser justificado pelas características do local de procedência de TP-POP-RN, visto que, a densidade da madeira está negativamente relacionada à precipitação (CHAVE et al., 2009), fazendo com que as árvores oriundas de regiões áridas compensem mais na densidade como alternativa de sobrevivência a estresses ambientais como falta de água, herbivoria, organismos xilófagos, entre outros (LOPES, 2014). Os valores obtidos para a DBM, indicaram a madeira como de média densidade, pois encontra-se dentro do intervalo de 0,51 e 0,72 g cm³ (Instituto de Pesquisas Tecnológicas - IPT, 1985). Em seu estudo sobre a variação da densidade básica da madeira de *M. urundeuva* aos 26 anos de idade, Florsheim e Tomazello Filho (1998), obtiveram valores de densidade básica semelhantes, variando de 0,63 a 0,77 g cm³. Nota-se também que assim como para a RCA, a DB também apresenta a mesma tendência, a medida que a altura aumenta a DB diminui devido a forma de crescimento das espécies arbóreas.

Tabela 1 – Estimativas de média, coeficiente de variação experimental (CV_e , %) e teste da razão de verossimilhança (LRT) para os caracteres: altura total (HT, m), altura comercial (HC, m), relação cerne/alburno (RCA) para os discos da base (BA); diâmetro a altura do peito (DAP); metade da altura comercial (50%HC) e; densidade básica da madeira (DB, $g\ cm^{-3}$) nos discos do DAP e 50%HC; e densidade básica média da árvore (DBM, $g\ cm^{-3}$), nos testes de progênes: TP-POP-RN e TP-POP-PF de *Myracrodruon urundeuva*, em Selvíria/MS, aos 24 anos.

Caracteres	TP-POP-RN			TP-POP-PF			
	Média	CV_e (%)	LRT	Média	CV_e (%)	LRT	
HT (m)	5,80	15,25	0,05 ^{ns}	7,53	14,19	0,80 ^{ns}	
HC (m)	3,74	18,10	1,88 ^{ns}	5,77	21,11	0,01 ^{ns}	
RCA	BA	0,37	29,46	2,63 ^{ns}	0,32	32,30	0,84 ^{ns}
	DAP	0,24	32,64	2,75 [*]	0,19	35,46	0,82 ^{ns}
	50% HC	0,13	29,48	0,21 ^{ns}	0,18	53,05	0,28 ^{ns}
DB	DAP	0,71	3,65	1,07 ^{ns}	0,66	3,35	0,84 ^{ns}
($g\ cm^{-1}$)	50% HC	0,69	3,32	1,76 ^{ns}	0,63	5,83	0,01 ^{ns}
	DBM ($g\ cm^{-1}$)	0,68	5,03	0,23 ^{ns}	0,63	5,94	0,01 ^{ns}

Nota: (**)significativo a 10% com um grau de liberdade. (^{ns}) não significativo.
Fonte: Dados de pesquisa do autor.

O coeficiente de variação experimental (CV_e) apresentou intervalo de 3,35% (DB nos discos de 50%HC em TP-POP-PF) a 53,05% (RCA nos discos de 50%HC em TP-POP-PF). De acordo com Gomes (2000), os valores de DB e DBM enquadram-se como coeficientes de variação baixos e com alta precisão (valores inferiores a 10%); HT em ambas procedências e HC em TP-POP-RN como médios e com boa precisão experimental (valores entre 10 e 20%). Os valores de CV_e para as RCA nos dois testes de progênes e HC em TP-POP-PF foram considerados como alto (20-30%) e muito alto (acima de 30%). Pimentel Gomes (2000) informou que esta classificação não considera certos fatores como cultura, variável estudada, heterogeneidade do solo, tamanho da parcela etc. Altos valores para RCA podem

estar relacionados com a natureza desse caractere, dependente da mensuração de outras duas variáveis - diâmetro do cerne e diâmetro do disco sem casca. Em função disso, os erros de mensuração podem se acumular, resultando em altos valores do CV_e . Em seu estudo, Riva et al. (2020) obteve CV_e para RCA de 31,74% (muito alto) e 29,27% (alto) para *M. urundeuva* procedente de Selvíria/MS e Bauru/SP, respectivamente. Para a interação o valor foi de 37,06% (muito alto).

A análise de deviance (teste da razão de verossimilhança - LRT) apresentou valores significativos a 10% com 1 grau de liberdade apenas para RCA (DAP) em TP-POP-RN. Isso indica que existem diferenças genéticas entre as progênies para esse caráter.

5.2 Parâmetros genéticos para caracteres de crescimento e qualidade da madeira.

A presença de variabilidade genética pode ser quantificada pelo coeficiente de variação genética (RESENDE et al., 1991). O coeficiente de variação genética aditiva individual (CV_{gi}) para as árvores desbastadas de *M. urundeuva* foi alto para HC (TP-POP-RN), HT (TP-POP-PF) e RCA em todas as alturas amostradas nas duas procedências (Tabela 2). De acordo com Sebbenn et al. (1998), são considerados como altos, valores para este coeficiente superiores a 7%. A DB e DBM em ambas as procedências, HT (TP-POP-RN) e HC (TP-POP-PF) foram de baixa magnitude. As maiores estimativas de CV_{gi} foram para RCA (> 39%). Ao comparar o CV_{gi} com o CV_e , nota-se que para a RCA que ambos apresentaram valores altos em relação aos demais caracteres (HT, HC, DB e DBM) para todos os discos amostrados. No entanto, apesar do expressivo efeito ambiental, CV_{gi} mostrou-se superior CV_e para RCA de todos os discos amostrados, com exceção de 50%HC (TP-POP-PF), o que pode indicar que esse caráter é muito influenciado pelos efeitos genéticos e ambientais. Riva et al. (2020), em um estudo com *M. urundeuva*, obtiveram resultados semelhantes para CV_{gi} na relação cerne/alburno nos discos amostrados na base, com valores de 70,10% na população procedente de Bauru/SP e 53,67% na população procedente de Selvíria/MS. Os resultados obtidos por Riva et al. (2020) em comparação ao do presente estudo, demonstraram uma tendência semelhante no que

diz respeito a estes coeficientes para o caráter RCA, que pode ser atribuído a natureza do CV_e aliado ao método de obtenção da RCA.

Tabela 2 – Estimativas de parâmetros genéticos para os caracteres: altura total (HT, m), altura comercial (HC, m), relação cerne/alburno (RCA) para os discos da base (BA); diâmetro a altura do peito (DAP); metade da altura comercial (50%HC) e densidade básica da madeira (DB, $g\ cm^{-3}$) nos discos do DAP e 50%HC; e densidade básica média da árvore (DBM, $g\ cm^{-3}$), aos 24 anos nos testes de progênies: TP-POP-RN e TP-POP-PF, de *Myracrodruon urundeuva*, em Selvíria/MS.

Caracteres			Parâmetros						
			\hat{h}_a^2	\hat{h}_m^2	\hat{h}_{ad}^2	r_{aa}	CV_{gi} (%)	CV_{gp} (%)	CV_r
TP-POP-RN	RCA	HT (m)	0,05±0,10	0,18	0,05	42,59	5,86	2,93	0,19
		HC (m)	0,38±0,30	0,68	0,40	82,61	21,66	10,83	0,60
		BA	0,37±0,30	0,83	0,32	90,94	52,60	26,30	0,89
		DAP	0,36±0,34	0,84	0,30	91,74	61,44	30,72	0,94
	DB ($g\ cm^{-1}$)	50%HC	0,18±0,37	0,73	0,14	85,38	39,48	19,74	0,67
		DAP	0,17±0,21	0,72	0,14	84,64	4,74	2,37	0,65
		50%HC	0,23±0,24	0,78	0,19	88,32	5,10	2,55	0,77
		DBM ($g\ cm^{-1}$)	0,11±0,17	0,49	0,09	70,28	4,06	2,03	0,40
TP-POP-PF	RCA	HT (m)	0,19±0,15	0,43	0,17	65,34	14,14	7,07	0,50
		HC (m)	0,01±0,04	0,02	0,01	14,98	3,69	1,84	0,09
		BA	0,32±0,21	0,57	0,29	75,32	42,72	21,36	0,66
		DAP	0,19±0,19	0,58	0,15	75,95	47,82	23,91	0,67
	DB	50%HC	0,40±0,43	0,42	0,56	64,60	51,84	25,92	0,49
		DAP	0,15±0,14	0,53	0,12	72,78	4,10	2,05	0,61
		50%HC	0,02±0,05	0,05	0,01	23,19	1,60	0,80	0,14
		DBM ($g\ cm^{-1}$)	0,01±0,03	0,03	0,01	17,45	1,22	0,61	0,10

Nota: \hat{h}_a^2 herdabilidade individual no sentido restrito; \hat{h}_m^2 herdabilidade média de progênies; \hat{h}_{ad}^2 herdabilidade aditiva dentro de parcela; r_{aa} acurácia; CV_{gi} coeficiente de variação genética aditiva individual; CV_{gp} coeficiente de variação genética em nível de progênies; CV_r coeficiente de variação relativa.

Fonte: Dados de pesquisa do autor.

Para o coeficiente de variação genética em nível de progênies (CV_{gp}), os valores ficaram dentro do intervalo de 0,61% (DBM – TP-POP-PF) a 30,72% (RCA DAP – TP-POP-RN).

O coeficiente de herdabilidade individual no sentido restrito (\hat{h}_a^2) quantifica a relevância relativa da proporção aditiva da variância genética que poderá ser transmitida para geração descendente (CANUTO et al., 2015). Os valores variaram de 0,01 a 0,40. Os intervalos obtidos neste parâmetro foram superiores a zero para HC, RCA BA e RCA DAP em TP-POP-RN; HT, RCA BA e DB DAP em TP-POP-PF, indicando a presença de variação genética para os caracteres e variabilidade genética para as populações ($\hat{h}_a^2 \neq 0$) (Tabela 2). Dentre os coeficientes de herdabilidade, os maiores valores foram obtidos para o coeficiente de herdabilidade da média de progênies para todos os caracteres em ambas as procedências (\hat{h}_m^2). Esses resultados evidenciam bom controle genético em nível de progênies e com possíveis ganhos genéticos na seleção, em especial, se ela for direcionada para RCA (CANUTO et al., 2015; RIVA et al., 2020). Para herdabilidade aditiva dentro da parcela (\hat{h}_{ad}^2) os valores variaram entre 0,01 e 0,56 e apresentaram magnitudes similares a \hat{h}_a^2 .

A acurácia ($r_{\hat{a}a}$) mensura o grau de confiabilidade das estimativas obtidas por meio do experimento (RESENDE, 2002). A $r_{\hat{a}a}$ variou de baixa (14,98%) a muito alta (91,74%). Os maiores valores obtidos foram para os caracteres RCA BA e RCA DAP em TP-POP-RN com, respectivamente, 90,94% e 91,74% (RESENDE; DUARTE, 2007). Estes resultados apontam um maior controle genético para esses caracteres.

O coeficiente de variação relativa (CV_r) teve maiores valores para RCA BA e RCA DAP sendo 0,89 e 0,94 para TP-POP-RN; 0,66 e 0,67 para TP-POP-PF (Tabela 2). Portanto, os resultados da RCA em ambas as procedências são promissores, principalmente TP-POP-RN, uma vez que, valores próximos a um apontam caracteres indicados para possíveis processos de seleção (VENCOVSKY; BARRIGA, 1992).

5.3 Análise conjunta para os caracteres de crescimento e qualidade da madeira

As médias para os caracteres das árvores desbastadas de *M. urundeuva* pela análise conjunta foram de: 6,74 m para HT; 4,83 m para HC; 0,34 para RCA BA; 0,20

para RCA DAP; 0,15 para RCA 50%HC; 0,68 g cm⁻³ para DB DAP; 0,66 g cm⁻³ para DB 50%HC e de 0,65 g cm⁻³ para DBM. O LRT mostrou-se significativo entre as procedências para os caracteres, demonstrando a existência de variabilidade genética entre as populações, exceto para os caracteres RCA BA, DAP e 50%HC (Tabela 3). Desse modo, a variação genética detectada para RCA encontra-se dentro das populações e não entre elas, diferentemente do observado para HT, HC, DB e DBM. Riva et al. (2020), em duas populações no teste de progênies de *M. urundeuva* procedente de Bauru/SP e Selvíria/MS aos 31 anos de idade não obteve diferenças significativas pelo teste da razão de verossimilhança (LRT) para RCA, DBM e para os demais caracteres avaliados, com exceção da forma do fuste, visto que apresentou valores próximos nas médias de cada caráter.

Tabela 3 – Estimativas de parâmetros genéticos para os caracteres altura total (HT, m), altura comercial (HC, m), relação cerne/alburno (RCA) para os discos da base (BA); DAP; metade da altura comercial (50% HC) e densidade básica da madeira (DB, g cm⁻³) nos discos do DAP; 50%HC e densidade básica média de árvores (DBM), aos 24 anos a partir da análise conjunta, nos testes de progênies: TP-POP-RN e TP-POP-PF de *Myracrodruon urundeuva*, em Selvíria/MS.

Caracteres	\hat{h}_a^2	\hat{C}^2	\hat{C}_p^2	CV_{gi}	CV_{gp}	CV_e (%)	Média	LRT	
RCA	HT(m)	0,11±0,10	0,0862	0,2659	12,54	6,27	14,19	6,74	19,68**
	HC(m)	0,11±0,10	0,0970	0,4288	16,90	8,45	18,76	4,83	31,90**
	BA	0,28±0,16	0,0677	0,0467	43,08	21,54	31,44	0,34	1,58 ^{ns}
	DAP	0,22±0,16	0,0445	0,0317	52,78	26,39	40,85	0,20	0,71 ^{ns}
	50%HC	0,25±0,27	0,2963	0,0187	45,97	22,98	54,86	0,15	0,08 ^{ns}
DB (g cm ⁻¹)	DAP	0,12±0,10	0,0032	0,2070	4,14	2,07	3,38	0,68	14,74**
	50%HC	0,07±0,08	0,0734	0,2097	3,48	1,74	4,96	0,66	14,70**
	DBM (g cm ⁻¹)	0,05±0,07	0,0183	0,1825	3,24	1,62	4,55	0,65	12,01**

Nota: **: Significativo a 1% de significância, com um grau de liberdade; ns: não significativo.

\hat{h}_a^2 : herdabilidade individual no sentido restrito; \hat{C}^2 : coeficiente de determinação dos efeitos de parcela; \hat{C}_p^2 : coeficiente de determinação dos efeitos de procedência; CV_{gi} coeficiente de variação genética aditiva individual; CV_{gp} coeficiente de variação genética em nível de progênies; CV_e coeficiente de variação experimental.

Fonte: Dados de pesquisa do autor.

O coeficiente de variação experimental (CV_e) apresentou valores de 3,38% (DB DAP) a 54,86% (RCA 50%HC) (Tabela 3). Apenas os caracteres DB e DBM foram classificados como baixo e de alta precisão experimental (valores inferiores a 10%);

HT e HC como médios (valores entre 10-20%) e de boa precisão; e RCA como muito alto (>30%) e de baixa precisão (PIMENTEL GOMES, 2000). O coeficiente de variação genética aditiva individual (CV_{gi}), assim como nas análises individuais (Tabela 2), variou de baixo (DB de discos) a alto, com valores entre 3,24 e 52,78% (Tabela 3). Segundo Aguiar et al. (2001), citado por Canuto et al. (2015), quanto maiores forem os valores de CV_{gi} , mais fácil será para selecionar indivíduos superiores que proporcionarão ganhos na seleção. Para o coeficiente de variação genética em nível de progênie (CV_{gp}), os valores ficaram dentro do intervalo de 1,62% (DBM) e 26,39% (RCA DAP).

O coeficiente de determinação dos efeitos de parcela (\hat{C}^2) obteve maior valor para RCA 50%HC (26,63%) (Tabela 3). Valores acima/igual a 10% indicam heterogeneidade ambiental e precisão dentro das parcelas (STURION; RESENDE, 2010). O coeficiente de determinação dos efeitos de procedência (\hat{C}_p^2) variou de 0,0187 (RCA 50%HC) a 0,4288 (HC), ou seja, existem diferenças entre as duas populações para HT, HC, DB DAP, DB 50%HC e DBM.

A herdabilidade individual no sentido restrito (\hat{h}_a^2), para os caracteres avaliados apresentaram intervalos diferentes de zero, exceto para RCA 50%HC, DB 50%HC e DBM, variando entre 0,05 a 0,28 (Tabela 3), indicando a presença de variação genética entre os indivíduos das populações ($\hat{h}_a^2 \neq 0$), apesar do LRT não ter detectado essas diferenças para RCA.

5.4 Correlações genéticas entre caracteres e padrões de agrupamento entre progênie

As correlações genéticas entre os caracteres avaliados em *M. urundeuva* aos 24 anos de idade, mostram que a seleção a partir HT implicará em resposta positiva em HC (0,76 – forte) em TP-POP-RN ou TP-POP-PF (Tabela 4). Ainda considerando HT, houve uma associação de grau moderado com RCA para TP-POP-RN, mas isso não foi observado para TP-POP-PF. Entre HT e DB ou DBM não houve associação e isso pode estar relacionada ao fato de que a *M. urundeuva* investe seus recursos em qualidade da madeira para obter fustes mais fortes que possam resistir aos riscos ambientais, em prejuízo ao crescimento em altura (LOPES, 2014).

Para TP-POP-RN, a maior correlação genética entre RCA ocorreu entre base x DAP (0,75). No entanto, o mesmo não foi observado para TP-POP-PF, em que a maior correlação foi verificada para RCA entre DAP x 50%HC (0,33).

A maior associação entre RCA e DB ou DBM ocorreu no TP-POP-RN entre os discos do DAP com 50%HC e DBM (moderada). Contudo, esse comportamento não foi verificado para TP-POP-PF, em que os valores entre RCA DAP e DB e DBM mostraram-se negativos. Esses resultados indicam que, para TP-POP-RN é possível utilizar as avaliações obtidas na altura do DAP para conduzir a melhorias na qualidade da madeira, de forma indireta. Para a seleção a partir da DB DAP todas as respostas foram positivas, com destaque para a DBM (0,64 - TP-POP-RN; 0,78 - TP-POP-PF), indicando que a densidade básica obtida no DAP é uma medida adequada para inferir sobre a densidade básica média de árvores, em experimentos com as mesmas condições de delineamento e espaçamento.

Para fins de qualidade de madeira, é possível observar que nas duas populações existe forte correlação entre os caracteres RCA entre si; DB e DBM entre si e correlações regulares para a relação entre eles. Pereira et al. (2013), o qual menciona que geralmente, a madeira do cerne possui maior densidade e que a relação entre densidade da madeira e porcentagem de cerne geralmente é verificada em árvores que possuem elevado percentual de madeira adulta. Tal fato não descarta a possibilidade de que com a elevação da idade das árvores essa relação entre os caracteres venha a apresentar valores de correlação fortes.

Tabela 4 – Correlações genéticas entre caracteres altura total (HT, m), altura comercial (HC, m), relação cerne/alburno (RCA) para os discos da base (BA); diâmetro a altura do peito (DAP); metade da altura comercial (50% HC) e densidade básica da madeira (DB, g cm⁻³) nos discos do DAP; 50%HC e densidade básica média de árvores (DBM) nos testes de progênies: TP-POP-RN (diagonal superior) e TP-POP-PF (diagonal inferior) de *Myracrodruon urundeuva* aos 24 anos, em Selvíria/MS.

TP-POP-RN TP-POP-PF	HT	HC	RCA BA	RCA DAP	RCA 50%HC	DB DAP	DB 50%HC	DBM
HT	-	0,89*	0,47*	0,44*	0,33*	0,08	0,12	0,02
HC	0,76*	-	0,50*	0,53*	0,39*	0,05	0,13	0,00
RCA BA	0,48*	0,41*	-	0,75*	0,24*	0,13	0,53*	0,11
RCA DAP	-0,07	0,13*	0,09	-	0,44*	0,46*	0,48*	0,31*
RCA 50%HC	-0,04	-0,27	-0,16	0,33*	-	0,20*	-0,01	-0,03
DB DAP	-0,05	-0,07	0,08	-0,14	-0,07	-	0,57*	0,64*
DB 50% HC	-0,01	-0,08	0,06	-0,13	0,04	0,63*	-	0,63*
DBM	0,19*	0,07	0,28*	-0,13	-0,12	0,78*	0,60*	-

Nota: *: (p < 0,05) pelo teste t.

Fonte: Dados de pesquisa do autor.

As estimativas de divergência genética pelo método de Tocher, baseado na distância generalizada de Mahalanobis (D^2), mostrou que para TP-POP-RN houve a formação de apenas um grupo (Tabela 5), demonstrando que todas as progênies analisadas nesta população são geneticamente similares entre si, sendo útil em programas de melhoramento, envolvendo retrocruamento, uma vez que a utilização de genitores semelhantes, diferenciados basicamente pelo gene a ser transferido, permite recuperar o genitor recorrente mais rapidamente (DIAS, 1994). No entanto, para TP-POP-PF houve a formação de nove grupos, indicando que nesta população há variabilidade no germoplasma e divergência entre as progênies, principalmente, entre os grupos de IV a IX reunindo apenas uma progênie por grupo; assim, o grupo I reuniu o maior número de progênies (60%), demonstrando que eles são similares entre si. Allard (1971) e Dias (1998) afirmam que a identificação desses pares mais divergentes é de suma importância para o melhoramento florestal, visto que pode orientar cruzamentos de genitores objetivando a exploração da heterose e de ganhos na seleção.

Tabela 5 – Padrão de agrupamento de 12 progênes do TP-POP-SE e 30 progênes do TP-POP-PF, pelo método de Toucher baseado na distância generalizada de Mahalanobis (D^2) de *Myracrodruon urundeuva* aos 24 anos, em Selvíria/MS.

TP-POP-RN		TP-POP-PF	
Grupo	Progênes	Grupo	Progênes
I	3, 4, 5, 8, 10, 1, 2, 6, 7, 9, 11 e 12	I	1, 5, 6, 8, 11, 13, 14, 16, 17, 18, 20, 22, 24, 28, 29, 15, 27 e 12
		II	30 e 7
		III	3, 19, 23 e 26
		IV	25
		V	21
		VI	2
		VII	4
		VIII	9
		IX	10

Fonte: Dados de pesquisa do autor.

Considerando que o teste de progênie está sendo transformado em um pomar de sementes por mudas, para a retenção da variabilidade genética, seria interessante manter progênes de forma representativa com amostras de todos os grupos, além de considerar que genitores que produzem descendentes mais divergentes poderiam ser plantados próximos com o objetivo de favorecer os cruzamentos entre estes e gerar descendentes heteróticos, produzindo maior variabilidade genética nas gerações descendentes (XAVIER, 1996).

6 CONCLUSÃO

Existe variabilidade genética para árvores desbastadas de *M. urundeuva* aos 24 anos após o plantio, para o caráter altura comercial para a população procedente da Estação Ecológica de Seridó/RN e para altura total para a Estação Ecológica do Instituto Florestal de Paulo de Faria/SP.

A população procedente da Estação Ecológica de Seridó/RN apresenta variação genética na relação cerne/alburno, sendo promissora na seleção. A densidade básica média da árvore apresenta valor mediano, apresentando baixa variação genética e comportamentos divergentes entre as procedências.

Existe correlação das variáveis RCA, DB e DBM entre os discos amostrados na altura do DAP na população procedente da Estação Ecológica de Seridó/RN, indicando a possibilidade de utilizar as avaliações obtidas na altura do DAP para conduzir a melhorias na qualidade da madeira de forma indireta, e inferir sobre a densidade básica média da árvore em iguais condições experimentais.

As 12 progênies analisadas da população procedente da Estação Ecológica de Seridó/RN são similares entre si para o conjunto de caracteres avaliados. Para as 30 progênies da população procedente da Estação Ecológica do Instituto Florestal de Paulo de Faria/SP houve a formação de 9 grupos, a indicar maior divergência genética entre as progênies.

Existe potencial para conservação e melhoramento genético das populações de *M. urundeuva*. Ambas são provenientes de regiões extremamente ameaçadas (Biomos Mata Atlântica e Caatinga), evidenciando a necessidade de elaboração de programas conservacionistas. Além disso, estudos de características de qualidade da madeira são importantes para a ampliação de informações sobre a espécie na literatura em suas primeiras décadas de desenvolvimento.

REFERÊNCIAS

- AGUIAR, A.V.; BORTOLOZO, F. R.; MORAES, M. L. T., DE SÁ, M. E. Determinação de parâmetros genéticos em população de gonçalo-alves (*Astronium fraxinifolium*) através das características fisiológicas da semente. **Scientia Forestalis**, Piracicaba, n.60, p.89-97, 2001.
- ALEIXO, A. L. P.; ALBERNAZ, A. L. K. M.; GRELLE, C. E. V.; VALE, M. M.; RANGEL, T. F. Mudanças climáticas e a biodiversidade dos biomas brasileiros: passado, presente e futuro. **Brazilian Journal of Nature Conservation**, Rio de Janeiro, v.08, n. 02, 2010.
- ALLARD, R.W. **Pincípios do melhoramento genético das plantas**. São Paulo: Edfard Blucher, 1971. 381p.
- ANDRADE, M. W.; LUZ, J. M. Q.; LACERDA, A. S.; MELO, P. D. Micropropagação da aroeira (*Myracrodruon urundeuva* Fr. All.). **Ciência e Agrotecnologia**, Lavras, v.24, n.1, p.174-180, 2000.
- ASENSIO, V.; FLÓRIDO, F.; RUIZ, F.; PERLATTI, F.; OTERO, X. L.; FERREIRA, T. O. Screening of native tropical trees for phytoremediation in copper-polluted soils. **International Journal of Phytoremediation**, Abingdon, v. 20, n. 14, p. 1456-1463, 2018. Disponível em: <<https://doi.org/10.1080/15226514.2018.1501341>>. Acesso em: 30 jan. 2022.
- ASENSIO, V.; FLÓRIDO, F.; RUIZ, F.; PERLATTI, F.; OTERO, X. L.; FERREIRA, T. O. The potential of a Technosol and tropical native trees for reclamation of copperpolluted soils. **Chemosphere**, Amsterdã, v. 220, p. 892-899, 2019. Disponível em: <<https://doi.org/10.1016/j.chemosphere.2018.12.190>>. Acesso em: 30 jan. 2022.
- BARRICHELO, L.E.G. **Estudos das características físicas, anatômicas e químicas da madeira de *Pinus caribaea* Mor. var. bahamensis Bar.e Golf. para produção de celulose Kraft**. 1979. 167 f. (Livro Docência) – Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz”, Universidade de São Paulo, Piracicaba.
- BATISTA, D. C.; KLITZKE, R. J.; SANTOS, C. V. T. Densidade básica e retratibilidade da madeira de clones de três espécies de *Eucalyptus*. **Ciência Florestal**, Santa Maria, v. 20, n. 4, p. 665-674, 2010. Disponível em: <DOI: <http://dx.doi.org/10.5902/198050982425>>. Acesso em: 30 jan. 2022.
- BEECH, E.; RIVERS, M.; OLDFIELD, S.; SMITH, P. P. 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. Disponível em: <DOI:<http://dx.doi.org/10.1080/10549811.2017.1310049>>. Acesso em: 30 jan. 2022.
- BERTONHA, L. J.; FREITAS, M. L. M.; CAMBUIM, J.; MORAES, M. L. T.; SEBBENN, A. M. Seleção de progênies de *Myracrodruon urundeuva* baseada em caracteres fenológicos e de crescimento para reconstituição de áreas de Reserva Legal. **Scientia Forestalis**, Piracicaba, v. 44, n. 109, p. 95- 104, 2016. Disponível em: <<https://doi.org/10.18671/scifor.v44n109.09>>. Acesso em: 30 jan. 2022.
- BÍBLIA. Português. **Bíblia sagrada**. Tradução de João Ferreira de Almeida. São Paulo: Sociedade Bíblica Trinitariana do Brasil, 2011. Edição Almeida Corrigida Fiel (ACF).
- BISON, O. **Melhoramento de *Eucalyptus* visando à obtenção de clones para a indústria de celulose**. 2004. 169f. Tese (Doutorado)-Programa de Pós-Graduação em Agronomia, Universidade Federal de Lavras. Lavras - MG, 2004.

BORÉM, A.; MIRANDA, G.V. **Melhoramento de plantas**. 4. ed. Viçosa, MG: UFV, 2005. 525 p.

BRITO, J.O.; BARRICHELO, L.E.G. Correlações entre características físicas e químicas da madeira e a produção de carvão: Densidade da madeira x Densidade do carvão. **IPEF**, Piracicaba, n. 20, p. 121-126, 1980.

BURGER, L.M.; RICHTER, H. G. **Anatomia da Madeira**. São Paulo: Nobel, 1991. 180p.

BUSNARDO, C.A.; GONZAGA, J. V.; FOELKEL, C. E. B.; VESZ, J. B. V. Estudo comparativo da qualidade da madeira de *Eucalyptus saligna* procedência de Coff's Harbour e de origem híbrida procedência de Canela. In: **Congresso Latino Americano de Celulose e Papel**, p. 1073-1091, 1983.

CANAL CLIMA DA UNESP ILHA SOLTEIRA. **Canal CLIMA da UNESP Ilha Solteira - Área de Hidráulica e Irrigação**. 2008. Disponível em: <<https://clima.feis.unesp.br/>>. Acesso em: 28 jan. 2022.

CANUTO, D. S. de O. **Diversidade Genética em populações de *Myracrodruon urundeuva* (F.F & M. F. Allemão) utilizando caracteres quantitativos**. 2009. 112f. Tese (Doutorado em Agronomia) – Faculdade de Engenharia, Universidade Estadual Paulista “Júlio de Mesquita Filho”, Ilha Solteira, 2009. p. 112.

CANUTO, D.S.O.; ZARUMA, D.U.G.; MORAES, M.A.; SILVA, A.M.; MORAES, M.L.T.; FREITAS, M.L.M. Caracterização genética de um teste de progênies de *Dipteryx alata* Vog. proveniente de remanescente florestal da Estação Ecológica de Paulo de Faria, SP, Brasil. **Hoehnea**, São Paulo, v. 42, n. 4, p. 641-648, 2015.

CARLINI, E. A.; DUARTE-ALMEIDA, J. M.; RODRIGUES, E.; TABACH, R. Antiulcer effect of the pepper trees *Schinus terebinthifolius* Raddi (aroeira-da-praia) and *Myracrodruon urundeuva* Allemão, Anacardiaceae (aroeira-do-sertão). **Revista Brasileira de Farmacognosia**, Curitiba, v. 20, n. 2, p. 140-146, 2010.

CARVALHO, F.I.F.; SILVA, S.A.; KUREK, A.J.; MARCHIORO, V.S. **Estimativas e implicações da herdabilidade como estratégia de seleção** Pelotas: UFPEL, 2001. 99p.

CARVALHO, A. M.; SILVA, B. T. B.; LATORRACA, J. V. F. Evaluation of machinability and characterization of the physical properties of African mahogany (*Khaya ivorensis* A. Chev.) wood. **Cerne**, Lavras, v. 16, n. 5 (suplemento EBRAMEM), p. 106-114, 2010.

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, 640 p. 1994.

CARVALHO, P. E. R. **Espécies florestais brasileiras**. Embrapa Informação Tecnológica; Colombo: Embrapa Florestas; 2003.

CARVALHO, P. E. R. **Espécies arbóreas brasileiras**. Colombo: Embrapa Florestas, 2003. v.1.

CHAVE, J.; COOMES, D.; JANSEN, S.; LEWIS, S. L.; SWENSON, N.G.; ZANNE, A.E.; Towards a worldwide wood economics spectrum. **Ecology Letters**, Nova Jersey, v. 12, p. 351–366, 2009. Disponível em: < DOI:10.1111/j.1461-0248.2009.01285.x>. Acesso em: 28 jan. 2022.

CHIMELO, J. Anotações sobre anatomia e identificação de madeiras. São Paulo: IPT, 1980. (Apostila).

CNCFLORA. *Myracrodruon urundeuva*. In: **Lista Vermelha da flora brasileira versão 2012.2** Centro Nacional de Conservação da Flora. Disponível em <[http://cncflora.jbrj.gov.br/portal/pt-br/profile/Myracrodruon urundeuva](http://cncflora.jbrj.gov.br/portal/pt-br/profile/Myracrodruon%20urundeuva)>. Acesso em 19 jan. 2022.

COSTA, C. G.; CALLADO, C. H.; CORADIN, V. T. R.; CARMELLO-GUERREIRO, S. M. Xilema. In: APPEZZATO-DA-GLORIA, B.; CARMELLO-GUERREIRO, S. M. (Eds.) **Anatomia Vegetal**. Viçosa: UFV, 2003. cap. 5, p. 129-154.

CRONQUIST, A. **An integrated system of classification of flowering plants**. New York: Columbia University, 1981. p.805-809.

DIAS, L. A. S. **Divergência genética e fenética multivariada na predição de híbridos e preservação de germoplasma de cacau (*Theobroma cacao* L.)**. 1994. Tese de Doutorado. Universidade de São Paulo.

DIAS, L.A.S. Análises multidimensionais. In: ALFENAS, A. C. (Ed.) **Eletroforese de isoenzimas e proteínas afins; fundamentos e aplicações em plantas e microorganismos**. Viçosa–MG: UFV, 1998. p. 405-475.

DOMINGOS, F. R.; DA SILVA, M. A. P. Uso, conhecimento e conservação de *Myracrodruon urundeuva*: uma revisão sistemática. **Research, Society and Development**, Vargem Grande Paulista, v. 9, n. 11, p. e2329118851-e2329118851, 2020.

FERNANDES, P.S. **Variações de densidade da madeira e suas relações com as tensões de crescimento em progênies de *Eucalyptus urophylla* S.T. Blake**. Piracicaba, 1982. 85 f. Dissertação (Mestrado em Ciências Florestais) – Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz”, Universidade de São Paulo, Piracicaba.

FERNANDES, J.S.C.; RESENDE, M. D. V. D.; STURION, J. A.; MACCARI JR, A. Estudo comparativo de delineamentos experimentais para estimativas de parâmetros genéticos em erva-mate (*Ilex paraguariensis* A. St. – Hil.) **Revista Árvore**, Viçosa, v.28, n.5, p.663-671, 2004.

FIGUEIRÔA, J.M.; BARBOSA, D.C.A.; SIMABUKURO, E.A. Crescimento de plantas jovens de *Myracrodruon urundeuva* Allemão (Anacardiaceae) sob diferentes regimes hídricos. **Acta Botanica Brasilica**, Recife, v.18, n.3, p.573-580. 2004.

FLORSHEIM, S. M. B; TOMAZELLO-FILHO, M. **Variações da estrutura anatômica e densidade básica da madeira de árvores de aroeira *Myracrodruon urundeuva* F.F. & M.F. Allemão (Anacardiaceae)**. 1992. 252 f. Dissertação (Mestrado em Agronomia) – Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz”, Universidade de São Paulo, Piracicaba, 1992.

FLORSHEIM, S. M. B; TOMAZELLO-FILHO, M. Variações da estrutura anatômica e densidade básica da madeira de árvores de aroeira *Myracrodruon urundeuva* F.F. & M.F. Allemão (Anacardiaceae). **Revista do Instituto Florestal**, São Paulo, v. 10, n.1, p. 53-61, 1998.

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.

- FONSECA, S.M. **Estimação e interpretação dos componentes da variação total em experimentos de melhoramento florestal**. Piracicaba: IPEF, 1979. p. H1- H20. (Curso de extensão universitária: Práticas experimentais em silvicultura).
- FREITAS, M. L. M.; AUKAR, A. P. de A.; SEBBEN, A. M.; MORAES, M. L. T. de; LEMOS, E. G. M. Variabilidade genética intrapopulacional em *Myracrodruon urundeuva* Fr. All. Por marcador AFLP. **Scientia Florestalis**, Piracicaba, n. 68, p. 21-28, ago.2005.
- FREITAS, M. L. M. ; AUKAR, A. P. D. A.; SEBBENN, A. M.; Moraes, M. L. T. D.; LEMOS, E. G. M. Variação genética em progênies de *Myracrodruon urundeuva* FF & MF Allemão em três sistemas de cultivo. **Revista Árvore**, Viçosa, v. 30, p. 319-329, 2006.
- GAINO, A. P. S. C.; SILVA, A. M.; MORAES, M. A.; ALVES, P. F.; MORAES, M. L.; FREITAS, M. L.; SEBBENN, A. M. Understanding the effects of isolation on seed and pollen flow, spatial genetic structure and effective population size of the dioecious tropical tree species *Myracrodruon urundeuva*. **Conservation Genetic**, Dordrecht, v.11, 1631–1643, 2010. Disponível em: <<https://doi.org/10.1007/s10592-010-0046-3>>. Acesso em: 30 jan. 2022.
- GANDARA, F.B.; KAGEYAMA, P.Y. Indicadores de sustentabilidade de florestas naturais. **Série Técnica IPEF**, Piracicaba, v.12, n. 31, p.79-84, 1998.
- GARCIA, J.N. **Defeitos conseqüentes da tensão de crescimento e propriedades da madeira de *Eucalyptus* como indicadores puros para o manejo e melhoramento de floresta para serraria**. 2005. 213 f. Tese (Livre-Docente) – Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz”, Universidade de São Paulo, Piracicaba.
- GOOGLE EARTH, Mapas. Imagem obtida em consulta realizada em 2022. Disponível em:https://earth.google.com/web/@-20.34200000,-51.39938889,1360.63443449a,0d,35y,-0.0000h,0.0000t,0.0000r?utm_source=earth7&utm_campaign=vine&hl=pt-BR Acesso em: 21 jan. 2022.
- GOMES, M. P.; CARNEIRO, M. M. L. C.; NOGUEIRA, C. O. G.; SOARES, A. M.; GARCIA, Q. S. The system modulating ROS content in germinating seeds of two Brazilian savanna tree species exposed to As and Z. **Acta Physiologiae Plantarum**, Nova Iorque, v. 35, n. 4, p. 1011-1022, 2013. Disponível em: <<https://dx.doi.org/10.1007/s11738-013-1229-6>>. Acesso em: 30 jan. 2022.
- GOMES, T. L.; CHAVES, T. P.; ALENCAR, L. C. B.; DANTAS, I. C.; MEDEIROS, A. C. D.; FELISMINO, D. C. Antimicrobial activity of natural products from *Myracrodruon urundeuva* Allemão (Aroeira-do-sertão). **Revista Cubana de Plantas Medicinales**, Havana, v. 18, n. 4, p. 529-533, 2013.
- GOMES, M. P.; SOARES, A. M.; GARCIA, Q. S. Phosphorous and sulfur nutrition modulate antioxidant defenses in *Myracrodruon urundeuva* plants exposed to arsenic. **Journal of Hazardous Materials**, Dordrech, v. 276, p. 97-104, 2014. Disponível em: <<https://doi.org/10.1016/j.jhazmat.2014.05.020>>. Acesso em: 30 jan. 2022.
- GUERRA, C.R.S.B.; MORAES, M.L.T.; SILVA, C.L.S.P.; CANUTO, D.S.O.; ANDRADE, J.C.A.; FREITAS, M.L.M.; SEBBENN, A.M. Estratégias de seleção em duas populações de *Myracrodruon urundeuva* Fr. All. **Scientia Florestalis**, Piracicaba, v.37, v.81, p.79-87, 2009.
- HIGA, A. R.; RESENDE, MDV de; CARVALHO, P. E. R. Pomar de sementes por mudas: um método para conservação genética" *ex-situ*" de *Araucaria angustifolia* (Bert.) O. Ktze. In:

Embrapa Florestas-Artigo em anais de congresso (ALICE). Revista do Instituto Florestal, São Paulo, v. 4, pt. 4, p. 1217-1224, mar. 1992., 1992.

HIGA, A. R.; SILVA, L. D. **Pomar de sementes de espécies florestais nativas.** Curitiba: Fundação de Pesquisas Florestais do Paraná, 2006, 266p.

INSTITUTO DE PESQUISAS TECNOLÓGICAS - IPT. **Madeira:** O que é e como pode ser processada e utilizada. São Paulo, 1985. 189 p.

KAGEYAMA, P.Y. Genetic structure of tropical tree species of Brazil. In: BAWA, K.S.; HADLEY, M. (Ed.) **Reproductive ecology of tropical forest plants.** Paris: UNESCO, 1990. p.383-392.

KILL, L. H. P.; MARTINS, C. D. V.; DA SILVA, P. P. Biologia reprodutiva de duas espécies de Anacardiaceae ameaçadas de extinção. In: Albuquerque, U.P., Moura, A. V. & Araujo, E. L. (Ed.). Biodiversidade, potencial econômico e processos ecofisiológicos em ecossistemas nordestinos. Recife: **NUPPEA**, 335-364. 2010.

KLOCK, U. **Qualidade da madeira juvenil de *Pinus maximinoi* H.E. Moore.** 2000. 292 f. Tese (Engenharia Florestal). Universidade Federal do Paraná, Curitiba, 2000.

LEDIG, F.T. The conservation of diversity in trees. **BioScience**, Washington, v.38, p.471–479, 1988.

LLERAS, E. Conservação de recursos genéticos florestais. In: **Congresso Nacional sobre essências nativas**, 2, 1992, São Paulo. pt.4. p.1179-1184. 1992.

LONGUI, E. L.; PIRES, G. T.; FREITAS, M. L. M.; ROMEIRO, D.; FLORSHEIM, S. M. B. ZANATTO, A. C. S. Genetic versus environmental influence on radial variation in *Myracrodruon urundeuva* wood. **Floresta e Ambiente**, Seropédica, v. 24, 2017. Disponível em: <<http://dx.doi.org/10.1590/2179-8087.119114>>. Acesso em: 28 jan. 2022.

LOPES, G.A.; GARCIA, J.N. Densidade básica e umidade natural da madeira de *Eucalyptus saligna* Smith, de Itatinga, associadas aos padrões de casca apresentados pela população. **IPEF**, Piracicaba, n. 62, p. 13-23, 2002.

LOPES, S. F.; VITORIO, L. A. P.; SANTIAGO, R. R.; MATTOS, E. A; TROVÃO, D. M. B. M. Plant functional groups of species in semiarid ecosystems in Brazil: wood basic density and SLA as na ecological indicator. **Brazilian Journal of Botany**, São Paulo, v.37, p. 229-337, 2014. Disponível em: <DOI 10.1007/s40415-014-0063-4>. Acesso em: 28 jan. 2022.

LORENZI, H. **Árvores brasileiras:** manual de identificação e cultivo de plantas arbóreas nativas do Brasil. Nova Odessa: Plantarum, 1992. 368p.

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

LORENZI, H. **Árvores brasileiras:** manual de identificação e cultivo de plantas arbóreas nativas do Brasil. 6 ed. Nova Odessa: Instituto Plantarum, v.1, 24p. 2014.

MAIA, G. N. **Caatinga: árvores e arbustos e suas utilidades.** São Paulo: D&Z; 2004.

MAIA, M. C. C.; RESENDE, M. D. V. ; OLIVEIRA, L. C.; VASCONCELOS, L. F. L.; LIMA NETO, J. F. P. Análise genética em genótipos de manga rosa via REML/BLUP. **Revista Agrotecnologia**, Ipameri, n. 5, v. 1, p. 1-16, 2014.

MAPA. Fichas Tecnológicas de Madeira de Espécies que ocorrem na Floresta Nacional do Jamari. **Serviço Florestal Brasileiro**. 2016. Disponível em:< [MARTINS, K.; SANTOS, W. S. D. D.; QUADROS, T. M. C.; AGUIAR, A. V. D.; MACHADO, J. A. R.; SEBBENN, A. M.; FREITAS, M. L. M. 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.](https://www.florestal.gov.br/documentos/concessoes-florestais/concessoes-florestais-florestas-sob-concessao/flona-do-jamari/edital/192-fichas-tecnologicas/file#:~:text=Propriedades%20F%C3%ADsicas,volum%C3%A9trica%20%E2%89%A5%2014%2C0%20%25).> Acesso em: 17 jan. 2022.</p>
</div>
<div data-bbox=)

MATOS, F. J. A. Farmácias vivas – sistemas de utilização de plantas medicinais projetado para pequenas comunidades. In. LORENZI, H.; MATOS, F.J.A. **Plantas medicinais do Brasil: nativas e exóticas**. Nova Odessa: Instituto Plantarum, 2002. 512p.

MEDEIROS, A.C.S. **Comportamento fisiológico, conservação de germoplasma a longo prazo e previsão de longevidade de sementes de aroeira (*Astronium urundeuva* (Fr. All.) Engl.)**. 1996. 127f. Tese (Doutorado em Agronomia) - Universidade Estadual de São Paulo, Jaboticabal, 1996.

MORAES, M.L.T. **Variação genética da densidade básica da madeira em progênies de *Eucalyptus grandis* Hill ex Maiden e suas relações com as características de crescimento**. 1987. 115 f. (Mestrado em Ciências Florestais) – Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz”, Universidade de São Paulo, Piracicaba.

MORS, W. B.; LORENZI, H.; MATOS, F. J.A. 2000. Medicinal plants of Brazil. In., LORENZI, H.; MATOS, F.J.A. **Plantas medicinais do Brasil: nativas e exóticas**, Instituto Plantarum, Nova Odessa, 512p. 2002.

MOURA, V.P.G.; VALE, A.T. Variabilidade genética na densidade básica da madeira de *Pinus tecunumanii* procedente do México e da América Central, no cerrado. **Scientia Forestalis**, Piracicaba, n. 62, p. 104-113, 2002.

MYERS, N.; MITTERMEIER, R. A.; MITTERMEIER, C. G.; DA FONSECA, G. A.; KENT, J. 2000. Biodiversity hotspots for conservation priorities. **Nature**, 403:853-858.

NASS, L. L. Utilização de recursos genéticos vegetais no melhoramento. In: **Recursos genéticos e melhoramento: plantas**. Rondonópolis: Fundação MT, 2001.

NUNES, Y.R.F.; FAGUNDES, M.; ALMEIDA, H.S.; VELOSO, M.D.M. Aspectos ecológicos da aroeira (*Myracrodruon urundeuva* Allemão Anacardiaceae) fenologia e germinação de sementes. **Revista Árvore**, Viçosa, v.32, n.2, p.233-243, 2008.

OLIVEIRA, J. T. S. **Caracterização da madeira de eucalipto para a construção civil**. 1997. 429 p. Tese (Doutorado em Engenharia Civil) – Universidade de São Paulo, São Paulo, 1997.

OLIVEIRA, F.P.; SOUZA, A.L.; FERNANDES FILHO, E.I. Caracterização da monodominância de aroeira (*Myracrodruon urundeuva* Fr. All.) no município de Tumiritinga-MG. **Ciência Florestal**, Santa Maria, v.24, n.2, p.299-311, 2014.

OLIVEIRA, F. P. **Ecologia da monodominância de aroeira (*Myracrodruon urundeuva* Fr. All.) em floresta tropical estacional no médio Rio Doce**, MG. 2015.

PAIVA, J.R.; VALOIS, A.C.C. Espécies selvagens e sua utilização no melhoramento. In: NASS, L.L.; VALOIS, A.C.C.; MELO, I.S.; VALADARESINGLIS, M.C. **Recursos genéticos e melhoramento de plantas**. Rondonópolis: Fundação MT. p.79-100. 2001.

PANSHIN, A.J.; DE ZEEUW, C. Textbook of wood technology. 4 ed. **New York: Mc-Graw Hill**, 1980, 722p.

PEREIRA, B. L. C.; OLIVEIRA, A. C.; CARVALHO, A. M. M. L.; CARNEIRO, A. C. O.; VITAL, B. R.; SANTOS, L. C. Correlações entre a relação Cerne/Alburno da madeira de eucalipto, rendimento e propriedades do carvão vegetal. **Scientia Forestalis**, Piracicaba, v. 41, n. 98, p. 217-225, 2013.

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

PINTO, S.I.C.; SOUZA, A.M.; CARVALHO, D. Variabilidade genética por isoenzimas em populações de *Copaifera langsdorffii* Desf. em dois fragmentos de mata ciliar. **Scientia Forestalis**, Piracicaba, n.65, p.40-48, 2004.

PRETZSCH, H.; RAIS, A. Wood quality in complex forests versus even-aged monocultures: review and perspectives. **Wood science and technology**, Cham, v. 50, n. 4, p. 845-880, 2016.

RAO, C. R. Genetic divergence. Methods and analysis of agriculture crop. In: **Advanced Statistical Method In Biometrical Research**. John Wiley and sons New York, pp. 357-362. 1952.

RESENDE, M. D. V. **Predição de valores genéticos, componentes de variância, delineamentos de cruzamento e estrutura de populações no melhoramento florestal**. 1999. 420 f. Tese (Doutorado em Genética) – Setor de Ciências Biológicas, Universidade Federal do Paraná, Curitiba, 1999.

RESENDE, M.D.V. Correções nas expressões do progresso genético com seleção em função da amostragem finita dentro de famílias de populações e implicações no melhoramento florestal. **Boletim Pesquisa Florestal**, Colombo, n.22/23, p.61-77, 1991.

RESENDE, M.D.V. **Análise estatístico de modelos mistos via REML/BLUP na experimentação em melhoramento de plantas perenes**. Colombo: Embrapa Floresta, 2000. 101p. (Documento, 47).

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. *Software Selegen – REML/BLUP: a useful tool for plant breeding*. **Crop Breeding and Applied Biotechnology**, Viçosa, v.16, n.4, p.330-339, 2016.

RESENDE, D. V.; DUARTE, J. B. Precisão e controle experimental de qualidade em experimentos de avaliação de cultivares. **Pesquisa Agropecuária Tropical**, Goiânia, v. 37, n. 3, p. 182-194, 2007.

RESENDE, M.D.V.; FERNANDES, J.S.C. Procedimento BLUP individual para delineamentos experimentais aplicados ao melhoramento florestal. **Revista de matemática e Estatística**, Marília, v.17, p.87-109, 1999.

- RESENDE, M.D.V.; HIGA, A.R.; LACORANTI, O.J. Regressão geno-fenotípica multivariada e maximização do progresso genético em programas de melhoramento de *Eucalyptus*. **Boletim de Pesquisa Florestal**, Colombo, v.28/29, p.57-71, 1994.
- RESENDE, M.D.V.; SOUZA, S.M.; HIGA, A.R.; STEIN, P.P. Estudo da variação genética e métodos de seleção em teste de progênies de *Acácia mearnsii* no Rio Grande do Sul. **Boletim de Pesquisa Florestal**, Colombo, n.22/23, p.45-59, 1991.
- RIVA, L. C.; MORAES, M. A. D.; CAMBUIM, J.; ZULIAN, D. F.; SATO, L. M.; CALDEIRA, F. A.; PANOSSO, A. R.; MORAES, M. L. T. D. Genetic control of wood quality of *Myracrodruon urundeuva* populations under anthropogenic disturbance. **Crop Breeding and Applied Biotechnology**, Viçosa, v. 20, ed. 4, P. e320920411, 2020. Disponível em: < <https://doi.org/10.1590/1984-70332020v20n4a64>>. Acesso em: 30 jan. 2022.
- RIZZINI, C.T. Aspectos ecológicos da regeneração em algumas plantas do Cerrado. In: **Simpósio sobre o Cerrado**, 3, 1971, São Paulo, SP. Anais. São Paulo: Edgard Blucher, 1971.
- SANT'ANA, V. Z. **Proporção sexual em populações de *Myracrodruon urundeuva* para fins de formação de pomares de sementes por mudas**. 2017. 54 f. Dissertação (Mestrado) – Faculdade de Engenharia, Universidade Estadual Paulista, 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.F. Restabelecimento e revisão taxonômica do gênero *Myracrodruon* Freire Alemão (Anacardiaceae). **Revista Brasileira de Botânica**, São Paulo, v.14, p.133-145, 1991.
- SANTOS, H.G.; ALMEIDA, J.A.; ARAÚJO FILHO, J.C.; OLIVEIRA, J.B.; CUNHA, T.J.F. **Sistema brasileiro de classificação de solos**. Brasília: Embrapa, 2018, 357p.
- SANTOS, P.E.T. **Avaliação de características tecnológicas de madeira para serraria em progênies de polinização aberta de eucalipto e implicações para o melhoramento genético**. 2002. 153 f. Tese (Doutorado em Genética) – Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz”, Universidade de São Paulo, Piracicaba.
- SANTOS, S. R.; SANSÍGOLO, C. A. Influência da densidade básica da madeira de clones de *Eucalyptus grandis* x *Eucalyptus urophylla* na qualidade da polpa branqueada. **Ciência Florestal**, Santa Maria, v. 17, p. 53-63, 2007.
- SAUL, F.A.C.; PUPIN, S.; SATO, L.M.; ZULIAN, D.F.; RIVA, L.C.; CAMBUIM, J.; FREITAS, M.L.M.; MORAES, M.L.T. Evaluation of *Myracrodruon urundeuva* Fr. All. proegnies for different planting systems aiming at genetic conservation. **Revista do Instituto Florestal**, São Paulo, v.33, n. 2, p.172-181, 2021.
- SOUSA M.P.; MATOS, F.J.A. Constituintes químicos de plantas medicinais brasileiras. In., LORENZI, H.; MATOS, F.J.A. **Plantas medicinais do Brasil: nativas e exóticas**. Nova Odessa: Instituto Plantarum, 2002. 512p.
- SCHACHT, L. **Variação de caracteres e suas implicações para o melhoramento genético da madeira serrada de *Eucalyptus urophylla* S.T. Blake**. 1998. 58 f. Dissertação (Mestrado Ciências Florestais) – Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz”, Universidade de São Paulo, Piracicaba.

SEBBENN, A. M. et al. Parâmetros genéticos na conservação da cabreúva – *Myroxylon peruiferum* L.F. Allemão. **Scientia Forestalis**, Piracicaba, n. 53, p. 31-38, 1998.

SEBBENN, A.M. Tamanho amostral para conservação “*ex situ*” de espécies arbóreas com sistema misto de reprodução. **Revista do Instituto Florestal**, São Paulo, v.15, n.2, p.147-162, 2003.

SILVA, J. C. **Caracterização da madeira de *Eucalyptus grandis* Hill ex. Maiden, de diferentes idades, visando a sua utilização na indústria moveleira.** 2002. 179 p. Tese (Doutorado em Ciências Florestais) – Universidade Federal do Paraná, Curitiba, 2002.

SILVA, J.S.V.; ABDON, M.M.; MENGATTO JÚNIOR, E.A. Características biofísicas do Chaco Brasileiro. In: SARTORI, A. L. B.; SOUZA, P. R. de; ARRUDA, R. do C. de O. (org.). **Chaco: caracterização, riqueza, diversidade, recursos e interações.** Campo Grande, MS: Editora UFMS, 2021. cap. 2, p. 28-48.

SILVA, O. V.; LEITE, D. S.; BERNARDES, L. A.; PAIVA, J. G. A. Morphology, anatomy and histochemistry of the leaves of *Myracrodruon urundeuva* Allemão (Anacardiaceae). **Boletín Latinoamericano y del Caribe de Plantas Medicinales y Aromáticas**, Cidade do México, v. 10, n. 1, p. 56-66, 2011.

SILVA, L.L.H.D.; OLIVEIRA, E.; CALEGARI, L.; PIMENTA, M. C.; DANTAS, M. K. L. Características dendrométricas, físicas e químicas da *Myracrodruon urundeuva* e da *Leucaena leucocephala*. **Floresta e Ambiente**, Seropédica, v. 24, 2017. Disponível em: <<https://doi.org/10.1590/2179-8087.002216>>. Acesso em: 13 jan. 2022.

SOUSA M.P.; MATOS, F.J.A. Constituintes químicos de plantas medicinais brasileiras. In., LORENZI, H.; MATOS, F.J.A. **Plantas medicinais do Brasil: nativas e exóticas.** Nova Odessa: Instituto Plantarum, 2002. 512p.

SOUSA, T. B. et al. Chemical and structural characterization of *Myracrodruon urundeuva* barks aiming at their potential use and elaboration of a sustainable management plan. **Biomass Conversion and Biorefinery**, Dordrecht, 2020. Disponível em: <<https://doi.org/10.1007/s13399-020-01093-2>>. Acesso em: 28 jan. 2022.

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.

STURION, J.A.; RESENDE, M.D.V. Eficiência do delineamento experimental e capacidade de teste no melhoramento genético de erva-mate (*Ilex paraguariensis* St. Hil.). **Boletim de Pesquisa Florestal**, Colombo, n.50, p.3-10, 2005.

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.

TUNG, E.S.C.; FREITAS, M. L. M.; FLORSHEIM, S. M. B.; DE LIMA, I. L.; LONGUI, E. L.; SANTOS, F. W.; MORAES, M. L. T.; SEBBENN, A. M. Variação genética para caracteres silviculturais e anatômicos da madeira em progênies de *Myracrodruon urundeuva* (Engler) Fr. Allem. **Scientia Forestalis**, Piracicaba, v.38, n.87, p.499-508, 2010.

TUNG, E. S. C.; FREITAS, M. L. M.; FLORSHEIM, S. M. B.; DE LIMA, I. L.; LONGUI, E. L.; SANTOS, F. W.; MORAES, M. L. T.; SEBBENN, 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.

VALOIS, A.C.; NASS, L.L.; GOES, M. Conservação “*ex situ*” de recursos genéticos vegetais. In: NASS, L.L.; VALOIS, A.C.C.; MELO, I.S.; VALADARES-INGLIS, M.C. **Recursos genéticos e melhoramento: plantas**. Rondonópolis: Fundação MT, 2001. p.29-55.

VENCOVSKY, R. Genética quantitativa. In: KERR, W.C. (Coord.) **Melhoramento e genética**. São Paulo: Melhoramentos, 1969. p.17-37.

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

VENTUOLI, F.; FAGG, C. W.; FELFILI, J. M. Desenvolvimento inicial de *Dipteryx alata* Vogel e *Myracrodruon urundeuva* Allemão em plantio de enriquecimento de uma floresta estacional semidecídua secundária. **Bioscience Journal**, Umuarama, v. 27, n. 3, p. 482-493, 2011.

VILLAS BÔAS, G.K.; GADELHA, C.A.G. Oportunidades na indústria de medicamentos e a lógica do desenvolvimento local baseado nos biomas brasileiros: bases para a discussão de uma política nacional. **Cadernos de Saúde Pública**, Rio de Janeiro, v.23, n.6, p.1463-1471, 2007.

VITAL, B.R. **Métodos de determinação de densidade da Madeira**. Viçosa, UFV. 1984.

VOLPATO, G. H.; MARTINS, S. The bird community in naturally regenerating *Myracrodruon urundeuva* (Anacardiaceae) forest in Southeastern Brazil. **Revista Biologia Tropical**, San Pedro, v. 61, n. 4, p. 1585-1595, 2013.

XAVIER, A. Aplicação da análise multivariada da divergência genética no melhoramento de *Eucalyptus* spp. **Revista Árvore**, Viçosa, v. 20, n. 4, p. 495-505, 1996.

ZOCCAL, R. **O leite nos Biomas Brasileiros. Panorama do Leite. EMBRAPA. Ano**, v. 7, 2015.

ZULIAN, D. F. **Estratégias para produção de sementes melhoradas de *Myracrodruon urundeuva* e *Eucalyptus grandis* na região leste do Mato Grosso do Sul**. 2021. 107f. (Tese Doutorado). Universidade Estadual Paulista, Faculdade de Engenharia, Especialidade: Sistemas de Produção, Ilha Solteira, 2021.

ANEXO B – CROQUIS DOS EXPERIMENTOS

