

**VARIABILIDADE GENÉTICA EM POPULAÇÕES DE *Jacaranda cuspidifolia* (Mart.):
USO DA SELEÇÃO NATURAL NA RECUPERAÇÃO DE ÁREAS DEGRADADAS**

Marilia Gabriela Pereira

Botucatu - São Paulo

2023

UNIVERSIDADE ESTADUAL PAULISTA "JÚLIO DE MESQUITA FILHO"
INSTITUTO DE BIOCIÊNCIAS DE BOTUCATU
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM CIÊNCIAS BIOLÓGICAS – GENÉTICA

VARIABILIDADE GENÉTICA EM POPULAÇÕES DE *Jacaranda cuspidifolia* (Mart.):
USO DA SELEÇÃO NATURAL NA RECUPERAÇÃO DE ÁREAS DEGRADADAS

MARILIA GABRIELA PEREIRA

ORIENTADOR: PROF. DR. CELSO LUIS MARINO

COORIENTADOR: PROF. DR. MARIO LUIZ TEIXEIRA DE MORAES

Dissertação apresentada ao Instituto de Biociências, Campus de Botucatu, UNESP, como parte dos requisitos para obtenção do título de Mestre pelo Programa de Pós-Graduação em Ciências Biológicas (Genética).

Botucatu, São Paulo

2023

FICHA CATALOGRÁFICA ELABORADA PELA SEÇÃO TÉC. AQUIS. TRATAMENTO DA INFORM.
DIVISÃO TÉCNICA DE BIBLIOTECA E DOCUMENTAÇÃO - CÂMPUS DE BOTUCATU - UNESP

BIBLIOTECÁRIA RESPONSÁVEL: ROSEMEIRE APARECIDA VICENTE-CRB 8/5651

Pereira, Marília Gabriela.

Variabilidade genética em populações de *Jacaranda cuspidifolia* (Mart.) : uso da seleção natural na recuperação de áreas degradadas / Marília Gabriela Pereira. - Botucatu, 2023

Dissertação (mestrado) - Universidade Estadual Paulista "Júlio de Mesquita Filho", Instituto de Biociências de Botucatu

Orientador: Celso Luis Marino

Coorientador: Mario Luiz Teixeira de Moraes

Capes: 20201001

1. Plantas dos cerrados. 2. Jacaranda - Variedades.
3. Variação genética. 4. Sementes. 5. Recuperação e
remediação ambiental.

Palavras-chave: Cerrado; Jacarandá-caroba; População base;
Sementes; Teste de progênies.

ATA DA DEFESA PÚBLICA DA DISSERTAÇÃO DE MESTRADO DE MARÍLIA GABRIELA PEREIRA, DISCENTE DO PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM CIÊNCIAS BIOLÓGICAS (GENÉTICA), DO INSTITUTO DE BIOCIÊNCIAS - CÂMPUS DE BOTUCATU.

Aos 28 dias do mês de abril do ano de 2023, às 09:00 horas, por meio de Videoconferência, realizou se a defesa de DISSERTAÇÃO DE MESTRADO de MARÍLIA GABRIELA PEREIRA, intitulada **VARIABILIDADE GENÉTICA EM POPULAÇÕES DE Jacaranda cuspidifolia (Mart.): USO DA SELEÇÃO NATURAL NA RECUPERAÇÃO DE ÁREAS DEGRADADAS**. A Comissão Examinadora foi constituída pelos seguintes membros: Prof. Dr. CELSO LUIS MARINO (Orientador(a) - Participação Virtual) do(a) Departamento de Ciencias Quimicas e Biologicas / Instituto de Biociencias de Botucatu UNESP, Prof. Dr. IRAÊ AMARAL GUERRINI (Participação Virtual) do(a) Departamento de Solos e Recursos Ambientais / Faculdade de Ciencias Agronomicas de Botucatu - UNESP, Pesquisador Dr. MIGUEL LUIZ MENEZES FREITAS (Participação Virtual) do(a) Instituto de Pesquisas Ambientais - IPA. Após a exposição pela mestranda e arguição pelos membros da Comissão Examinadora que participaram do ato, de forma presencial e/ou virtual, a discente recebeu o conceito final: **Aprovada** . Nada mais havendo, foi lavrada a presente ata, que após lida e aprovada, foi assinada pelo(a) Presidente(a) da Comissão Examinadora.

Prof. Dr. CELSO LUIS MARINO

A Deus, por estar sempre ao meu lado, me sustentando e permitindo com que eu lute pelos meus sonhos.

Aos meus pais, por serem o tesouro mais valioso que tenho e o meu porto seguro.

Dedico

À minha avó, Calindra, por ser o maior e mais puro amor da vida.

À minha irmã, Emily, pelo acolhimento em momentos difíceis e por ser responsável por grande parte das minhas boas memórias.

Ao meu noivo Bruno, por todo amor e dedicação, pela compreensão nos momentos de ausência e por me apoiar nesta jornada.

Ofereço

AGRADECIMENTOS

À Universidade Estadual Paulista – IBB/UNESP, Câmpus de Botucatu, pela oportunidade de cursar o mestrado;

À CAPES (Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior), pelo apoio financeiro durante 17 meses, por meio do processo nº88887.602931/2021-00;

À Universidade Estadual Paulista – FEIS/UNESP, Câmpus de Ilha Solteira, por ser onde tudo começou, por ser responsável pelas grandes amizades, pelo meu novo emprego e por todo o suporte até a conclusão da graduação e deste trabalho;

Ao Prof. Dr. Celso Luis Marino pela orientação, dedicação e ensinamentos durante esta etapa acadêmica;

Ao Prof. Dr. Mario Luiz Teixeira de Moraes pela coorientação nesta obra, pela orientação desde a graduação, pelo profissionalismo, por acreditar em mim e por todo o conhecimento compartilhado;

Ao Prof. Dr. José Cambuim, pela amizade, por todas as aulas e auxílios em campo e por todos os ensinamentos. A minha eterna gratidão;

À Profa. Dra. Marcela Moraes e ao Dr. Bruno Rossini, pelas inúmeras contribuições, por sempre estarem dispostos a me auxiliar nas pesquisas e interpretações de dados;

A todos os membros do CAGEN (Centro de Análises Genômicas), em especial ao Marcelo Alcantara, por me auxiliar em todos os momentos de dúvidas;

A todos os membros do LGPS (Laboratório de Genética de Populações, Evolução e Silvicultura), em especial a Selma Moraes, pelos ensinamentos, pelo carinho e por todas as conversas que fizeram do laboratório um lugar alegre e ao Alexandre Marques, pela contribuição na geolocalização e produção de mapas referentes a área de empréstimo;

Aos funcionários da FEPE (Fazenda de Ensino, Pesquisa e Extensão da Unesp de Ilha Solteira) pela amizade e suporte nas coletas de campo, em especial ao Alonso Ângelo, por ser fundamental na execução das medições, coletas de sementes e plantios;

Às amigas do DFTASE (Departamento de Fitotecnia, Tecnologia de Alimentos e Sócio Economia), em especial a Sandrinha e a Mírian, por serem tão queridas e acolhedoras;

Aos amigos da pós-graduação que me alegraram em momentos difíceis, me auxiliaram durante toda esta etapa e me permitiram concluir este trabalho, em especial a Francieli Saul, Daniele Zulian, Silvelise Pupin, Juliana Côrrea, Patrícia Alves e ao José Carlos, pelo auxílio

nas coletas de campo, interpretação dos dados, na melhoria da escrita da dissertação e por todo suporte sempre.

A todas as pessoas que contribuíram direta e indiretamente para que este trabalho fosse finalizado.

Que Deus abençoe muito todos vocês. Um eterno obrigada!

“Tudo tem o seu tempo determinado, e há tempo para todo propósito debaixo do céu”.

(Eclesiastes, 3:1)

RESUMO

Estudos genéticos com espécies nativas têm contribuído de forma significativa para a conservação genética *ex situ* e a restauração ecológica de ambientes perturbados. O presente estudo teve por objetivo avaliar a variabilidade genética de uma população base (POP-BAS) de *Jacaranda cuspidifolia* Mart. (Bignoniaceae), localizada em uma área degradada do Cerrado, em Selvíria-MS. Além disso, investigar o desenvolvimento de seus descendentes na forma de um teste de progênes (TP-JACA), em área próxima, porém em solo não degradado. Os indivíduos da POP-BAS foram instalados na Fazenda Experimental da UNESP de Ilha Solteira em 1998, na tentativa de minimizar os impactos ocasionados pela construção da Usina Hidrelétrica de Ilha Solteira, entre 1967 e 1978, pela Companhia Energética de São Paulo. O TP-JACA foi implementado em 19 de fevereiro de 2019, sob delineamento experimental de blocos casualizados, constituído de 31 progênes, 29 repetições, com uma planta por parcela, no espaçamento de 3,0 m × 2,0 m. As análises estatísticas foram geradas pelo programa R e as estimativas dos parâmetros genéticos foram obtidas com base nos modelos lineares mistos, utilizando o *software* Selegen. Os resultados desta pesquisa indicaram a existência de variabilidade genética entre os indivíduos da POP-BAS, aos 23 anos, o que permitiu a adaptação da população a esse ambiente degradado. O evento reprodutivo de 2020-2021, apresentou morfologia normal dos frutos e boa qualidade das sementes. A análise multivariada indicou correlação positiva para a maioria das variáveis entre os grupos, mostrando que árvores mais robustas originam maiores frutos, com sementes de boa qualidade. Em relação aos atributos químicos do solo, houve correlação positiva entre as características de crescimento com o pH. O presente estudo corroborou com maior entendimento do mecanismo adaptativo da espécie em solo degradado e permite concluir que, tanto a POP-BAS como o TP-JACA apresentam potencial para aplicação em programas de conservação genética *ex situ* e no reflorestamento de áreas degradadas, a partir do fornecimento de sementes com alta qualidade genética.

Palavras-chave: Cerrado; Jacarandá-caroba; Teste de Progênes; População base; Sementes; Variação genética.

ABSTRACT

Genetic studies with native species have contributed significantly to ex situ genetic conservation and ecological restoration of disturbed environments. The present study aimed to evaluate the genetic variability of a base population (POP-BAS) of *Jacaranda cuspidifolia* Mart. (Bignoniaceae), located in a degraded area of the Cerrado, in Selvíria-MS. In addition, investigate the development of their descendants in the form of a progeny test (TP-JACA), in a nearby area, but in non-degraded soil. The POP-BAS individuals were installed at the Experimental Farm of UNESP in Ilha Solteira in 1998, in an attempt to minimize the impacts caused by the construction of the Ilha Solteira Hydroelectric Power Plant, between 1967 and 1978, by Companhia Energética de São Paulo. The TP-JACA was implemented on February 19, 2019, under a randomized block experimental design, consisting of 31 progenies, 29 replications, with one plant per plot, spaced 3.0 m × 2.0 m. Statistical analyzes were generated by the R program and estimates of the genetic parameters were obtained based on mixed linear models, using the Selegen software. The results of this research indicated the existence of genetic variability among the POP-BAS individuals, aged 23, which allowed the population to adapt to this degraded environment. The 2020-2021 reproductive event showed normal fruit morphology and good seed quality. Multivariate analysis indicated a positive correlation for most variables between groups, showing that more robust trees produce larger fruits, with good quality seeds. Regarding soil chemical attributes, there was a positive correlation between growth characteristics and pH. The present study corroborated with a greater understanding of the adaptive mechanism of the species in degraded soil and allows the conclusion that both POP-BAS and TP-JACA have potential for application in ex situ genetic conservation programs and in the reforestation of degraded areas, based on supplying seeds with high genetic quality.

Keywords: Cerrado; Jacaranda-caroba; Progeny Test; Base population; Seeds; Genetic variation.

LISTA DE FIGURAS

FIGURA 1 - Distribuição da espécie <i>Jacaranda cuspidifolia</i> Mart. ao longo do Brasil.....	19
FIGURA 2 - Árvore (A), flores (B e C) e folhas (D) de <i>Jacaranda cuspidifolia</i> Mart., em Selvíria-MS.....	20
FIGURA 3 - Frutos (A, B e C) e semente (D) de <i>Jacaranda cuspidifolia</i> Mart., em Selvíria-MS	21
FIGURA 4 - Distribuição dos indivíduos de <i>Jacaranda cuspidifolia</i> Mart. (POP-BAS) ao longo da “área de empréstimo”, em Selvíria-MS	30
FIGURA 5 - Localização da população base (POP-BAS) e do teste de progênes (TP-JACA) na Fazenda de Ensino, Pesquisa e Extensão (FEPE/FEIS/UNESP), em Selvíria-MS	31
FIGURA 6 – Indivíduos da POP-BAS participantes dos eventos reprodutivos de 2018-2019 e 2020-2021 ao longo da “área de empréstimo”, em Selvíria-MS	41
FIGURA 7 – Climograma de Selvíria-MS no período de 1997 a 2022	41
FIGURA 8 - Matriz de correlação entre as variáveis: caracteres de crescimento; biometria dos frutos; qualidade física e fisiológica das sementes; e macronutrientes de sementes da POP-BAS, aos 23 anos de idade, localizada ao longo da “área de empréstimo”, em Selvíria-MS.....	53
FIGURA 9 - Componentes principais entre as variáveis: caracteres de crescimento e atributos químicos de solo da POP-BAS, aos 23 anos de idade, localizada ao longo da “área de empréstimo”, em Selvíria-MS	55
FIGURA 10 – Agrupamento das matrizes da POP-BAS com base na diversidade genética expressa pela distância euclidiana média, a partir de dados originais padronizados	56
FIGURA 11 – Número de indivíduos de cada progênie que floresceram durante o evento reprodutivo de 2020-2021 no TP-JACA, localizado em Selvíria – MS.....	58
FIGURA 12 – Dendrograma obtido a partir do método de agrupamento Tocher para os caracteres de crescimento no TP-JACA aos três anos de idade, em Selvíria – MS	63

LISTA DE TABELAS

TABELA 1 - Lista das espécies arbóreas instaladas na Fazenda de Ensino, Pesquisa e Extensão (FEPE/FEIS/UNESP), em Selvíria – MS, no ano de 1998	29
TABELA 2 - Estimativas dos parâmetros genéticos, média geral e teste de razão de verossimilhança (LRT) para a população base de <i>Jacaranda cuspidifolia</i> Mart. (POP-BAS) aos 23 anos de idade, localizada ao longo da “área de empréstimo”, em Selvíria – MS.....	44
TABELA 3 - Estimativas dos parâmetros genéticos para comprimento do fruto (CO _f), largura do fruto (LA _f) e espessura do fruto (ES _f) para a população base de <i>Jacaranda cuspidifolia</i> Mart. (POP-BAS) aos 23 anos de idade, localizada ao longo da “área de empréstimo”, em Selvíria – MS	47
TABELA 4 - Estimativas dos parâmetros genéticos para os caracteres físicos e fisiológicos em sementes de <i>Jacaranda cuspidifolia</i> Mart. procedentes da POP-BAS. Teste de emergência de plântulas (%E), condutividade elétrica (CEL), grau de umidade (GRA) e Massa de 100 sementes (M100)	51
TABELA 5 - Estimativas do coeficiente de variação experimental (CV_e); média geral e teste de razão de verossimilhança (LRT), no teste de progênies de <i>Jacaranda cuspidifolia</i> Mart. (TP-JACA) aos três anos de idade, em Selvíria-MS	59
TABELA 6 - Estimativas dos parâmetros genéticos no teste de progênies de <i>Jacaranda cuspidifolia</i> Mart. (TP-JACA) para altura total (ALT), diâmetro à altura do peito (DAP) e diâmetro médio de copa (DMC) aos três anos de idade, em Selvíria-MS	61
TABELA 7 - Formação de grupos com base no método de Tocher para os caracteres de crescimento no teste de progênies de <i>Jacaranda cuspidifolia</i> Mart. (TP-JACA) aos 3 anos de idade, em Selvíria-MS	62
TABELA 8 - Ranqueamento das melhores progênies com base no valor genético (BLUP) para o caráter diâmetro a altura do peito (DAP, cm), em um teste de progênies de <i>Jacaranda cuspidifolia</i> Mart. (TP-JACA) aos três anos de idade, localizado em Selvíria-MS	66
TABELA 9 - Ranqueamento das melhores progênies com base no valor genético (BLUP) para o caráter diâmetro a altura do peito (DAP, cm), em uma população base de <i>Jacaranda cuspidifolia</i> Mart. (POP-BAS) aos 23 anos de idade, localizada em Selvíria-MS	67
TABELA 10 - Índice de rank-médio com base nos valores genéticos (BLUP) dos caracteres: de crescimento para a população base (POP-BAS) e o teste de progênies de <i>Jacaranda cuspidifolia</i> Mart. (TP-JACA), localizados em Selvíria-MS	68

LISTA DE SÍMBOLOS

$\hat{\sigma}_g^2$: variância genotípica

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

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

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

$\hat{h}_g^2$: herdabilidade individual, no sentido amplo, para os efeitos genotípicos totais

$\hat{h}_{aj}^2$: herdabilidade individual, no sentido amplo, ajustada para os efeitos de linha e coluna

$\hat{h}_a^2$: herdabilidade individual no sentido restrito

$\hat{h}_m^2$: herdabilidade em nível de médias de progênies

$\hat{h}_{ad}^2$: herdabilidade aditiva dentro de parcelas

CV_{gi} : coeficiente de variação genotípica

CV_e : coeficiente de variação experimental

CV_{gp} : coeficiente de variação genotípica entre progênies

CV_r : coeficiente de variação relativa

r_{aa} : acurácia

$\hat{m}$: média geral

SUMÁRIO

1.	INTRODUÇÃO	14
2.	OBJETIVOS	16
3.	JUSTIFICATIVA	17
4.	REVISÃO BIBLIOGRÁFICA	18
4.1	A ESPÉCIE <i>Jacaranda cuspidifolia</i> Mart. (BIGNONIACEAE)	18
4.2	O CERRADO	21
4.3	<i>Jacaranda cuspidifolia</i> Mart. NA RECUPERAÇÃO DE ÁREAS DEGRADADAS	23
4.4	ATUAÇÃO DA SELEÇÃO NATURAL EM POPULAÇÕES NATURAIS	24
4.5	ESTRUTURA GENÉTICA POPULACIONAL EM ÁREAS DEGRADADAS	25
5.	MATERIAL E MÉTODOS.....	28
5.1	MATERIAL	28
5.1.1	População base de <i>Jacaranda cuspidifolia</i> Mart. (POP-BAS)	28
5.1.1	Teste de progênies de <i>Jacaranda cuspidifolia</i> Mart. (TP-JACA)	30
5.2	MÉTODOS	31
5.2.1	População base (POP-BAS)	31
5.2.1.1	Avaliação dos caracteres silviculturais e estimativas dos parâmetros genéticos	31
5.2.1.2	Biometria em frutos, qualidade física e fisiológica em sementes, e estimativas dos parâmetros genéticos	32
5.2.1.3	Análise bioquímica em sementes	34
5.2.1.4	Caracterização dos atributos químicos do solo	35
5.2.2	Teste de progênies (TP-JACA)	35
5.2.2.1	Avaliação dos caracteres silviculturais e estimativas dos parâmetros genéticos.....	35
5.2.3	Análise multivariada	36

5.3	FLUXOGRAMA DAS ATIVIDADES DO PRESENTE ESTUDO	38
6.	RESULTADOS E DISCUSSÃO	39
6.1	POPULAÇÃO BASE DE <i>Jacaranda cuspidifolia</i> Mart. (POP-BAS)	39
6.1.1	Sobrevivência e florescimento	39
6.1.2	Caracteres de crescimento e parâmetros genéticos	42
6.1.3	Biometria dos frutos	44
6.1.4	Qualidade física e fisiológica das sementes	47
6.1.5	Análise multivariada	51
6.2	TESTE DE PROGÊNIES DE <i>Jacaranda cuspidifolia</i> Mart. (TP-JACA)	56
6.2.1	Sobrevivência e florescimento	56
6.2.2	Caracteres de crescimento	58
6.2.3	Estimativas dos parâmetros genéticos	60
6.2.4	Análise multivariada	62
6.3	SELEÇÃO GENOTÍPICA DE <i>Jacaranda cuspidifolia</i> MART	64
7.	CONCLUSÃO	69
	REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	70
	ANEXOS	83
	APÊNDICES	84

1 INTRODUÇÃO

A produção de energia elétrica no Brasil ganhou notoriedade a partir de 1950, influenciada fortemente pelo governo de Juscelino Kubitschek, com a implementação de seu Plano de Metas. A partir deste momento, a política brasileira do Setor Elétrico Estatal passou a priorizar a produção de energia a partir da construção de usinas hidrelétricas (MENDES, 2005).

Neste contexto, na década de 1960, foi iniciada a construção da Usina Hidrelétrica de Ilha Solteira (UHE Ilha Solteira). Ela faz parte de um complexo de usinas para a geração de energia elétrica, juntamente à Usina Hidrelétrica de Três Irmãos (UHE Três Irmãos) e a Usina Hidrelétrica Engenheiro Souza Dias (UHE Jupia) (MENDES, 2005; ALCANTARA, 2019).

Durante a sua construção, foi necessária a retirada de grandes quantidades de solo de outros locais para a execução de terraplenos e fundações, o que originou as chamadas “áreas de empréstimo” (ALVES, 2001; ALVES *et al.*, 2012). Estas áreas são regiões de cerrado, caracterizadas por apresentar alto grau de degradação; a remoção dos horizontes superficiais e férteis do solo, com aproximadamente 8,6 m de profundidade retirados, o que acarretou a perda de matéria orgânica, a baixa disponibilidade de nutrientes e intensos processos erosivos. Este ambiente adverso e de baixa resiliência dificulta a regeneração da vegetação natural, tendo em vista que a adaptação e o desenvolvimento das espécies dependerão das condições físicas, químicas, biológicas e hídricas do local (ALVES e SOUZA, 2011; ALVES *et al.* 2012; ALCANTARA, 2019). Atualmente, estas áreas têm aproximadamente 500 hectares, pertencem à Faculdade de Engenharia de Ilha Solteira – FEIS/UNESP e estão situadas na Fazenda de Ensino, Pesquisa e Extensão - FEPE em Selvíria-MS (UNESP, 2017; ALCANTARA, 2019).

Em 1998, com o objetivo de reflorestar e testar a utilização de algumas espécies nativas na recuperação desta área, o grupo de pesquisa em “Genética de Populações, Evolução e Silvicultura” da UNESP de Ilha Solteira instalou um experimento com 17 espécies arbóreas diferentes. Após 20 anos da instalação do experimento (2018), um levantamento, que visou avaliar os indivíduos das espécies sobreviventes, evidenciou que *Jacaranda cuspidifolia* Mart. (Bignoniaceae) era quem apresentava a maior taxa de sobrevivência e de florescimento, enquanto muitas das outras espécies instaladas não sobreviveram. Estes indivíduos foram, então, georreferenciados e a coleta de sementes propiciou a formação de um teste de progênies em área não degradada.

De acordo com Sebbenn (2002), para o sucesso em programas de reflorestamento, a origem genética das sementes e o número adequado de árvores-matrizes utilizadas são fundamentais. Desta forma, os indivíduos terão maior probabilidade de se adaptar ao novo

ambiente e de sobreviver ao longo dos anos, até atingirem a fase reprodutiva. O autor enfatiza a importância da coleta de sementes e sugere que esta deva ser realizada a partir de amostras representativas da variabilidade genética de uma ou mais populações, de modo a evitar a endogamia e preservar o potencial evolutivo das futuras gerações. Esta prática permitirá com que os indivíduos se estabeleçam no ambiente e mantenham-se viáveis, além de fornecer sementes originadas a partir de seus próprios cruzamentos.

Durante a recuperação em áreas degradadas, fatores evolutivos como a seleção natural e a deriva genética são propensos a atuarem em algum momento do ciclo de vida das plantas, eliminando genótipos específicos das populações e as moldando adaptativamente. Espécimes não adaptados ao ambiente, ou que apresentem genes recessivos e letais em homozigose, tendem a ser eliminados nas fases iniciais do plantio. Caso haja ampla base genética e amostragem representativa, a possibilidade de genótipos se estabelecerem em longo prazo e se autorregenerar é maior (HEDRICK, 1999; SEBBENN, 2002).

Quando uma população é submetida à forte pressão de seleção abiótica, como no caso da população base deste estudo, é possível que parte dos indivíduos instalados apresentem alelos que permitam a sua sobrevivência ao local de plantio, o seu estabelecimento, o seu desenvolvimento e a sua reprodução (SEBBENN, 2002).

A espécie *J. cuspidifolia* é promissora no reflorestamento e na recuperação de áreas degradadas, devido às suas características ecológicas, o seu rápido crescimento e sua alta produção de sementes (RODRIGUES *et al.*, 2003; ARAKI, 2005; CABRAL *et al.*, 2011; MORAES *et al.*, 2013; VALENTINI *et al.*, 2015; CORNACINI, 2016). Além disso, nas últimas décadas, a espécie tem sido visada economicamente, ao apresentar aplicações na marcenaria industrial, na ornamentação e arborização urbana, e em pesquisas médicas, devido às suas propriedades farmacológicas (LORENZI, 2002; ARRUDA *et al.*, 2012). Tais afirmações evidenciam a elevada demanda pela espécie e estudos que contribuam cientificamente para um maior conhecimento a respeito de sua biologia se mostram, de maneira geral, muito importantes.

2 OBJETIVOS

O presente estudo teve por objetivo geral verificar o desenvolvimento e a variabilidade genética em uma população base de *Jacaranda cuspidifolia*, localizada em uma área degradada do Cerrado, em Selvíria-MS. Além disso, investigar se a presente população é capaz de originar bons descendentes, a partir da avaliação de um teste de progênies localizado na mesma região, porém em solo não degradado; e prever se ambos apresentam potencial para a conservação genética *ex situ* e para a produção de sementes com qualidade genética, para aplicação no reflorestamento de áreas degradadas.

Objetivos específicos:

População base:

- a) Determinar a variação genética para os caracteres relacionados ao crescimento (altura, diâmetro à altura do peito, diâmetro médio de copa) e avaliar os caracteres adaptativos (sobrevivência e florescimento);
- b) Estimar os parâmetros genéticos a partir da biometria dos frutos (comprimento, espessura, largura) e verificar a presença de variabilidade genética na população;
- c) Caracterizar a variação genética para os caracteres relacionados à qualidade física e fisiológica das sementes;
- d) Avaliar a correlação entre características de crescimento × qualidade das sementes × biometria dos frutos, a partir de análise multivariada;
- e) Selecionar as melhores matrizes para coleta de sementes.

Teste de progênies:

- a) Caracterizar o desenvolvimento, a sobrevivência e o florescimento das progênies;
- b) Quantificar a variação genética para os caracteres relacionados ao crescimento (altura, diâmetro à altura do peito e diâmetro médio de copa);
- c) Conhecer a dissimilaridade (distância genética) entre as progênies, a partir do método de Tocher;
- d) Selecionar as melhores progênies para a coleta de sementes.

3 JUSTIFICATIVA

O Cerrado brasileiro destaca-se por ser o segundo maior bioma da América do Sul, ocupando 24% do território brasileiro, com aproximadamente 204 milhões de hectares (ROCHA *et al.*, 2011). Porém, nas últimas décadas, tem apresentado altas taxas de degradação, com aproximadamente 50% de sua vegetação natural suprimida e convertida em áreas agropastoris (MATOSAK *et al.*, 2022). Estas ações têm gerado inúmeros impactos ambientais, como a fragmentação e a destruição de habitats, a redução da biodiversidade, o assoreamento de cursos d'água e as mudanças no ciclo hidrológico do bioma (CARVALHO *et al.*, 2009; COSTA e PIRES, 2009).

Para auxiliar o processo de recuperação e de reflorestamento de áreas degradadas, uma alta demanda por sementes de espécies arbóreas nativas com variabilidade genética pode ser observada. Pesquisas com enfoque em análises silviculturais e de estrutura genética populacional, que envolvem espécies com alto potencial na recomposição de áreas impactadas, são fundamentais.

Para manter a viabilidade nessas áreas, é necessário o conhecimento da base genética utilizada. Por este motivo, as árvores-matrizes escolhidas durante a coleta de sementes devem ser bem caracterizadas quanto à variabilidade genética das populações em que ocorrem.

As árvores-matrizes devem ser identificadas, georreferenciadas e apresentar características relevantes, como boa altura, bom diâmetro à altura do peito, sementes com boa qualidade genética, e assim, serem acessadas sempre que necessário.

O presente estudo buscou definir a variabilidade genética e o potencial da população base de *J. cuspidifolia* e de seu teste de progênies, por meio de vários procedimentos estatísticos relacionados à genética quantitativa e contribuir de forma significativa para a conservação genética *ex situ* de seus indivíduos, para a produção de sementes e aplicação no reflorestamento e na recuperação de ambientes degradados, além de fomentar a atuação destes testes em futuros programas de melhoramento genético.

4 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

4.1 A ESPÉCIE *Jacaranda cuspidifolia* Mart. (BIGNONIACEAE)

A família Bignoniaceae apresenta ampla distribuição ao redor do mundo, podendo ser encontrada principalmente em regiões de clima tropical, como África e América do Sul. É constituída de 120 gêneros e mais de 800 espécies (PAULETTI *et al.*, 2003; ARRUDA, 2009). Um de seus gêneros, *Jacaranda*, é composto por 49 espécies, em que destas, 39 podem ser encontradas no Brasil (GACHET e SCHUHL, 2009).

A espécie *Jacaranda cuspidifolia*, descrita inicialmente em 1845, apresenta a seguinte classificação taxonômica: Reino (Plantae), Classe (Magnoliopsida), Ordem (Lamiales), Família (Bignoniaceae), Gênero (*Jacaranda*) e é conhecida popularmente como: jacarandá-caroba, jacarandá-de-minas, jacarandá, cuiá, jacarandá-branco, caroba-branca, pau-de-colher, pau-santo, carobeira, jacarandá-preto (LORENZI, 2002).

Lorenzi (2002), em seu livro “Árvores Brasileiras: Manual de Identificação e Cultivo de Plantas Arbóreas Nativas do Brasil”, traz uma descrição completa a respeito da espécie. Segundo ele, o jacarandá-caroba apresenta crescimento médio entre 5 e 10 metros de altura, com tronco superior a 30 cm de diâmetro. Composto de folhas bipinadas, que podem atingir até 50 cm de comprimento, contendo de 10 a 15 pares de folíolos. Ocorre de forma natural nos estados: Goiás, Minas Gerais, Mato Grosso do Sul, Mato Grosso e São Paulo (Figura 1) (FARIAS-SINGER, 2020).

A espécie é hermafrodita, ou seja, apresenta órgãos reprodutores femininos e masculinos na mesma flor. Suas flores são roxas, tubulosas, de 5 a 7 cm, caracterizadas como panículas terminais (Figura 2). A floração ocorre nos meses de setembro a dezembro, período em que perde suas folhas e a produção dos frutos entre outubro e janeiro, sendo estes, cápsulas septícidas, achatadas, de coloração paleácea, com grandes quantidades de sementes (Figura 3). Os agentes polinizadores, conforme descrito na literatura, são as abelhas, e a principal forma de dispersão dos frutos é pelo vento (LORENZI, 2002; SCALON *et al.*, 2006, SANTOS, 2017).

O jacarandá-caroba é uma espécie decídua, perdendo suas folhas nos períodos mais secos do ano; heliófita, necessitando de intensa luz solar; seletiva xerófila, podendo se desenvolver em solos com pouca umidade e pioneira, atuando no início da sucessão ecológica, com rápido desenvolvimento e curto ciclo de vida, além de regenerar-se principalmente a partir de bancos de sementes (LORENZI, 2002; SANTANA *et al.*, 2016).

Sua madeira apresenta média durabilidade e estrutura leve e maciça, própria para a marcenaria. Suas folhas e flores delicadas à torna atrativa para a arborização urbana e para a ornamentação de ruas, comum em muitas cidades brasileiras (LORENZI, 2002).

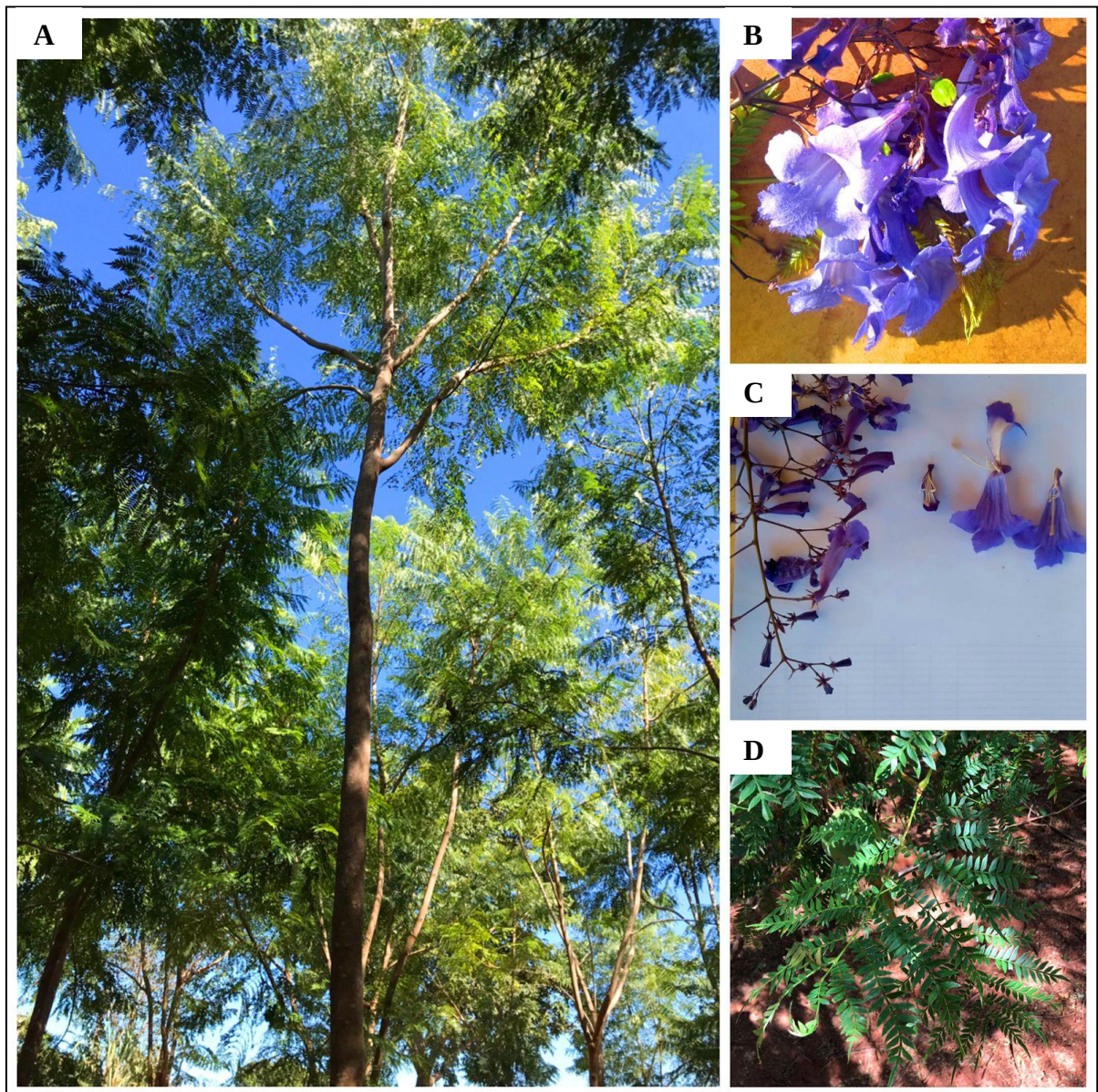
Gachet e Schuhly (2009) ao revisarem o gênero *Jacaranda*, identificaram que espécies pertencentes ao grupo apresentavam potencial farmacológico no tratamento de doenças infecciosas. Arruda *et al.* (2012) ao avaliarem a espécie *J. cuspidifolia*, observaram a presença de substâncias da classe dos terpenóides e dos ariletanóides de cinamoil glicosídeos, responsáveis por sua ação antimicrobiana. Segundo eles, a espécie tem sido utilizada como depurativa do sangue e para tratar infecções, como sífilis e blenorragia.

Figura 1. Distribuição da espécie *Jacaranda cuspidifolia* Mart. ao longo do Brasil.



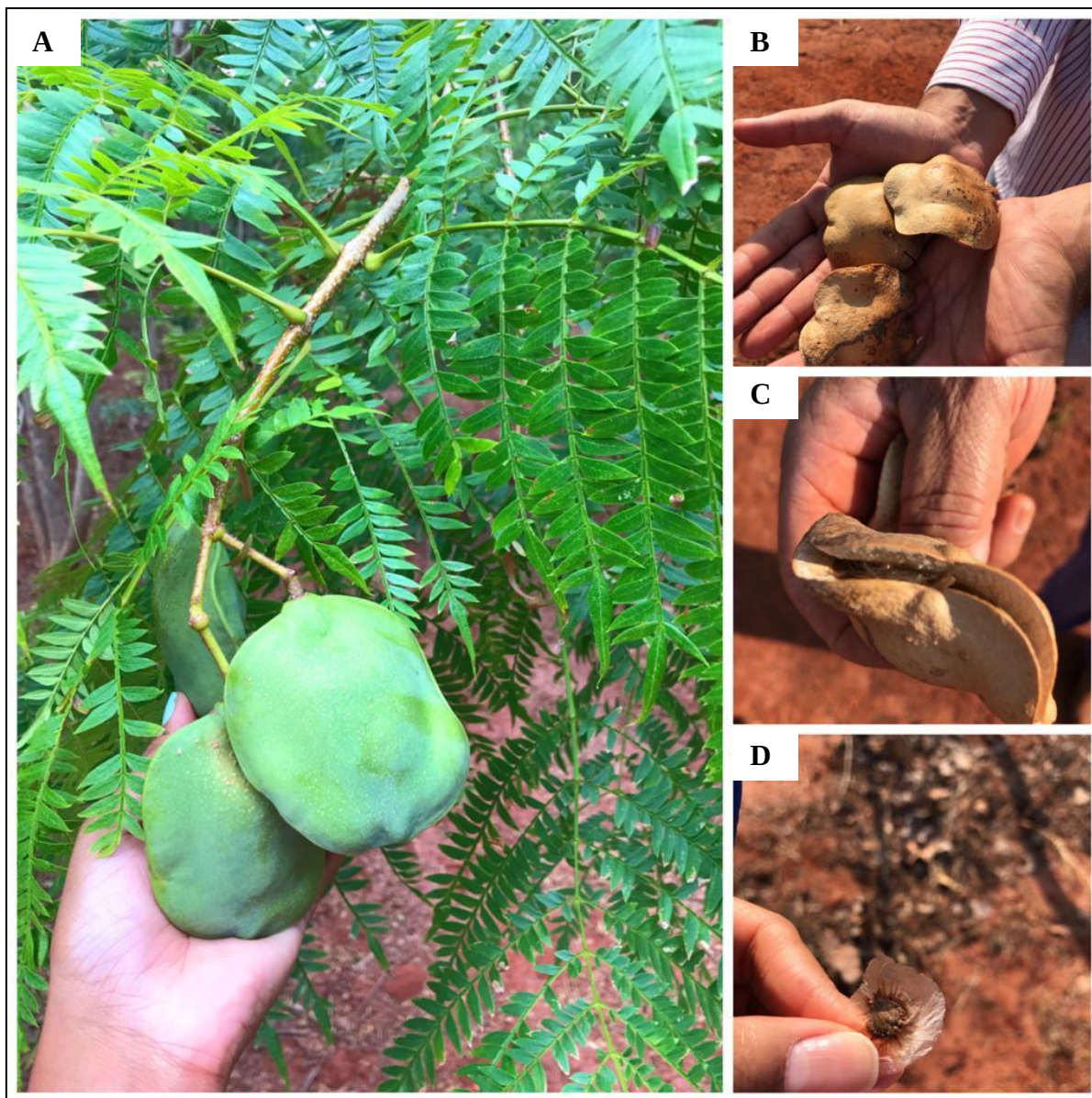
Fonte: Farias-Singer, 2020.

Figura 2. Árvore (A), flores (B e C) e folhas (D) de *Jacaranda cuspidifolia* Mart., em Selvíria-MS.



Fonte: Própria autora, 2022.

Figura 3. Frutos (A, B e C) e semente (D) de *Jacaranda cuspidifolia* Mart., em Selvíria-MS.



Fonte: Própria autora, 2022.

4.2 O CERRADO

Com mais de 8,5 milhões de km² (quinto maior país do mundo) e uma posição geográfica privilegiada, o Brasil é composto por muitas regiões com condições edafoclimáticas distintas, distinção responsável pelo surgimento de grandes variações ecológicas, os chamados biomas (Amazônia, Caatinga, Cerrado, Mata Atlântica, Pampa e Pantanal). A variedade de ecossistemas existentes nestes biomas e que constituem este país, é um dos fatores responsáveis pela sua vasta riqueza e abundância de espécies. Estudos evidenciam que o território brasileiro

apresenta a flora mais diversa do mundo, ao representar 19% da flora mundial, com aproximadamente 56.000 espécies de plantas, dentre elas, mais de 8.715 arbóreas, com endemismo superior a 50% (GIULIETTI *et al.*, 2005; BEECH *et al.*, 2017).

O Cerrado, um dos principais biomas brasileiros e local em que a espécie *J. cuspidifolia* ocorre, corresponde a 24% do território brasileiro e ocupa uma área superior a 2.036.488 km². Considerado a savana mais rica do mundo, com mais de 11.627 espécies de plantas nativas, 199 espécies de mamíferos, 1200 espécies de peixes, 180 espécies de répteis, 150 espécies de anfíbios, 837 espécies de aves, com alta variedade de climas e solos, constitui ecossistemas únicos e alta diversidade genética (PAPARELLI e HENKES, 2012; MMA, 2020).

Além de sua significativa biodiversidade, o Cerrado gera riquezas potenciais e de produção permanente, aplicadas em diversos setores, como na alimentação, na medicina, na ornamentação e em processos industriais (confecção de móveis e obtenção de fibras de celulose, por exemplo). Se administradas de forma correta e sustentável, a utilização de espécies nativas e a ocupação de solo poderão evitar o desaparecimento da biodiversidade em meios naturais (RIBEIRO e RODRIGUES, 2006).

Myers *et al.* (2000) ao avaliarem diversos biomas e ecossistemas ao redor do mundo, classificaram o Cerrado como um dos 25 *hotspots* mundiais de biodiversidade, o que caracteriza o bioma como um dos pontos ao redor do planeta que necessita de atenção especial. Segundo eles, a savana brasileira apresenta mais de 4.400 espécies de plantas endêmicas, totalizando 1,5% da flora mundial, além de apresentar uma taxa de endemismo, referente a fauna, superior a 117 espécies. Contudo, devido às intensas ações antrópicas (agropecuária, expansão urbana, crescimento populacional, destruição e fragmentação de habitats), o bioma encontra-se fortemente ameaçado e necessita de estratégias de conservação, programas de recuperação e reflorestamento de áreas impactadas.

Projeções feitas para 2050 indicam que se nenhuma medida for adotada, com o objetivo de barrar o desmatamento no Cerrado, haverá redução superior a 30% em sua extensão atual, com a perda aproximada de 480 espécies vegetais na área, valor três vezes maior que todas as extinções de plantas documentadas desde 1500, o que provocará danos irreversíveis ao bioma brasileiro (DUARTE e LEITE, 2020).

O desmatamento, juntamente à outras ações antrópicas, pode promover diferentes níveis de degradação, desde a formação de fragmentos florestais até a completa ausência de vegetação. Tais fatores podem atingir também o solo e o subsolo, o que interfere na qualidade da água, na concentração de minerais presentes no local, na compactação do solo e no aumento dos processos erosivos (DUBOC, 2005).

4.3 *Jacaranda cuspidifolia* Mart. NA RECUPERAÇÃO DE ÁREAS DEGRADADAS

Segundo Engel e Parrota (2003), o processo de restauração ecológica é a prática de assistir, manejar a recuperação de um ecossistema, adicionar ao ambiente um nível mínimo de biodiversidade e permitir com que, ao longo do tempo, a área recupere a sua estrutura e o seu funcionamento ecológico. Ainda segundo eles, o termo recuperação diz respeito ao trabalho desenvolvido em ambientes severamente impactados por atividades mineradoras e construções civis.

A recuperação de um ambiente degradado, em curto prazo, favorece a melhoria de serviços ambientais, como o controle de erosão, a fertilidade do solo, a estabilização do ciclo hidrológico, o aumento da biodiversidade e a maior fixação de CO₂ que, em médio e longo prazo, favorecerão o aumento na complexidade estrutural do ecossistema, ao atrair espécies e aumentar a biodiversidade e o número de regenerantes (ENGEL e PARROTA, 2003; ARAKI, 2005).

Dentre os critérios existentes para a recomposição de uma área, o que tem maior êxito é o sistema baseado na sucessão florestal. Neste modelo, são utilizadas espécies de diferentes estágios sucessionais, o que favorece a rápida e a eficiente cobertura do solo, ao garantir a auto-renovação das florestas (BOTELHO *et al.*, 1995; BARBOSA *et al.*, 2003).

Espécies como *J. cuspidifolia* são valiosas durante a fase inicial de recuperação ecossistêmica. Por ser categorizada como pioneira e atuar nos estágios iniciais da sucessão ecológica, possui capacidade de recobrir o solo de maneira eficiente e utilizar os nutrientes disponíveis em sua camada superficial, pois cresce e se desenvolve rapidamente, o que contribui para a melhoria do local (ARAKI, 2005).

Espécies pioneiras podem apresentar, em curto prazo, florescimento precoce e a produção de grandes quantidades de sementes atrativas para a fauna e para a constituição de bancos de sementes, que futuramente estarão aptas a colonizar as áreas em processo de recuperação. Isto permitirá, ao longo dos anos, a incorporação da estrutura vegetal e a recomposição do ambiente (MARTINS, 2001; RODRIGUES *et al.*, 2002; ARAKI, 2005).

Araki (2005) ao investigar o potencial de mais de 20 espécies nativas quanto à emergência de plântulas e o número de indivíduos estabelecidos após um ano de semeadura, para a ocupação florestal de áreas degradadas, observou que *J. cuspidifolia* estava entre as três que mais se destacaram. Segundo ele, o jacarandá-caroba e outras duas espécies pioneiras (*Platypodium elegans* Vogel e *Pterogyne nitens* Tul.) emergiram plântulas suficientes para uma

futura cobertura florestal. Além disso, apresentaram aumento significativo na emergência, quando comparados aos 90 e 360 dias após a semeadura.

Cabral *et al.* (2011) ao avaliarem o desempenho de espécies em um reflorestamento realizado nas cabeceiras do córrego Clemências em Quirinópolis-GO, observaram que o *J. cuspidifolia* foi uma das que apresentou a maior taxa de sobrevivência e concluíram que a espécie pode ser recomendada para o uso em reflorestamento de áreas degradadas.

Valentini *et al.* (2015) ao investigarem a respiração do solo como indicador de melhoria em uma área degradada, revegetada com *J. cuspidifolia* e outras espécies do Cerrado, concluíram que a respiração do solo foi 1,5 vezes maior na área revegetada, quando comparada a uma área antropizada, e que este fator foi influenciado pela temperatura, umidade do solo e precipitação. Vale destacar, que dentre as espécies citadas no trabalho, segundo os autores, as mais importantes foram: *J. cuspidifolia*, *Anadenanthera macrocarpa* (Benth.) Brenan (Fabaceae), *Myracrodruon urundeuva* M. Allemão (Anacardiaceae), *Curatella americana* L. (Dilleniaceae) e *Astronium fraxinifolium* Schott (Anacardiaceae), com 63% dos valores de abundância (MORAIS *et al.*, 2014; VALENTINI *et al.*, 2015).

4.4 ATUAÇÃO DA SELEÇÃO NATURAL EM POPULAÇÕES NATURAIS

De acordo com Ramalho *et al.* (2012) e Darwin (1859), a seleção natural é um dos mecanismos que rege a evolução. Ela atua orientando as populações no sentido de torná-las mais aptas as condições ambientais. Segundo os autores ela é direcional e é possível defini-la como o sucesso reprodutivo diferencial.

Pouyet *et al.* (2018) e Salas (2019) citam que a seleção natural pode atuar de forma positiva/negativa ou de forma balanceadora. Na seleção positiva, é possível verificar um aumento na frequência de um ou mais alelos, que promovam maior sobrevivência e fertilidade em uma população. Na seleção negativa, quando um alelo for prejudicial ao organismo, sua frequência poderá ser diminuída ao longo das gerações. Por fim, a seleção balanceadora ocorrerá quando o genótipo heterozigoto for vantajoso e propiciar um fenótipo adaptativo.

Ramalho (2012) afirma que em condições ideais o número de indivíduos de uma população tende a aumentar geometricamente, o que permitiria a sobrevivência de todas as progênes. Contudo, este feito raramente se cumpre, devido a existência da competição pela sobrevivência. Darwin (1859) também utilizou o termo “luta pela existência” ou “sobrevivência dos mais aptos”. A luta pela existência ocorre, pois existe variação genética entre os membros de uma população.

Para este fator evolutivo, na maioria dos casos, a unidade de seleção é o organismo individualmente, não é a espécie e nem a população. É na verdade, o desempenho individual de cada organismo (HARTL E CLARK, 2010). Indivíduos que apresentam características favoráveis à sua sobrevivência, terão maior capacidade de se reproduzir e de gerar descendentes férteis, o que induz um aumento das frequências alélicas nas próximas gerações. Este aumento está ligado diretamente as respostas genéticas frente a seleção natural (DARWIN, 1859; HARTL E CLARK, 2010; GUREVITCH *et al.*, 2009; RAMALHO, 2012).

A seleção natural não é responsável por gerar novas características e sim por alterar a proporção daquelas já existentes. Dessa forma, durante o processo evolutivo, a seleção natural atua modificando as frequências alélicas e fenotípicas da população. Essa modificação promove aumento no valor adaptativo da população, pelo processo de acumulações de variações vantajosas, o que favorece o aparecimento de organismos altamente adaptados aos seus ambiente e ambientes semelhantes (SILVA e SANTOS, 2015; LIMA *et al.*, 2020).

Possivelmente, sempre que os componentes: variação fenotípica, diferenças de aptidão e altos índices de herdabilidade estiverem presentes para um determinado atributo, a seleção natural atuará e fará com que as populações mudem em harmonia com as demandas e as novas oportunidades (GUREVITCH *et al.*, 2009; COX *et al.*, 2013).

O alto valor adaptativo pode existir em uma população, no entanto, esta população não é capaz de desenvolver respostas simples e perfeitas à todas as demandas impostas pelo ambiente. As variações ambientais acontecem o tempo todo, de dia para dia, de estação para estação, sendo assim, nenhum organismo individualmente possui a melhor condição adaptativa para todas estas condições. Por este motivo conservar a variabilidade genética de espécies e suas populações é, de maneira geral, muito importante para manter o potencial evolutivo destes indivíduos, em decorrência de sua maior capacidade de adaptação as alterações do ambiente (SEBBENN *et al.*, 2000; COX *et al.*, 2013; PEREIRA, 2017).

4.5 ESTRUTURA GENÉTICA POPULACIONAL EM ÁREAS DEGRADADAS

A recuperação de áreas degradadas não deve apenas ter como objetivo a introdução de espécies ao ambiente, mas sim, levar em consideração a diversidade genética de suas populações (KAGEYAMA e GANDARA, 2000; IVETIC e DEVETAKOVIC, 2016). Para Brancalion *et al.* (2009), a presença de variabilidade genética deve ser incentivada em plantios de recuperação de ambientes, pois contribuirá para a sobrevivência e o desenvolvimento das populações em longo prazo.

A utilização de uma base genética restrita, nestes ambientes, pode acarretar diversos problemas: deriva genética, endogamia, redução da capacidade adaptativa e reprodutiva. Ao longo dos anos estes fatores poderão levar à morte dos indivíduos, o que impede o sucesso das próximas gerações e torna os esforços destinados a melhoria do local, perdidos (KAGEYAMA *et al.*, 1998; FALK *et al.*, 2001; HOBBS, 2006).

A deriva genética é um fator evolutivo que altera de forma aleatória as frequências alélicas de uma população e, por consequência, leva à perda ou à fixação de alelos que podem ser nocivos (KERR e WRIGHT, 1954). Tal mecanismo pode gerar, em longo prazo, o aumento da endogamia, autofecundação ou reprodução entre indivíduos aparentados, o que diminui a heterozigose e aumenta a presença de alelos deletérios na população. Estes processos podem levar a extinção de populações e até mesmo de espécies (PRIMACK e RODRIGUES, 2001; FRANKHAM *et al.*, 2008).

Atualmente, um dos grandes desafios para a recuperação de áreas degradadas, segundo Rice e Emery (2003), é a utilização de uma base genética capaz de permitir adaptações às circunstâncias ambientais, a sobrevivência e a evolução ao longo do tempo. Quando são coletadas sementes de um número restrito de árvores, pode ocorrer o chamado “efeito fundador”, em que há a formação de uma nova população a partir de poucos indivíduos e pode acarretar baixa variação genética (HUFFORD e MAZER, 2003).

De acordo com Broadhurts *et al.* (2008), durante o processo de recuperação de áreas degradadas deve haver a coleta de sementes de um número amplo de indivíduos, para que se obtenha diversidade genética suficiente e o estabelecimento da população no ambiente. Sendo assim, é indicado a utilização de uma vasta quantidade de germoplasma, com tamanhos amostrais adequados e representativos (KAGEYAMA e GANDARA, 2005). A *Food and Agriculture Organization* (FAO, 1995) recomenda a utilização de 25 a 50 indivíduos por população, em espécies arbóreas. Sebbenn (2002) indica a utilização de, no mínimo, 25 árvores matrizes para o reflorestamento de áreas inferiores a 100 hectares, e de 40 a 50 árvores em áreas de 100 a 500 hectares.

A genética de populações, um dos campos da Biologia, estuda a variabilidade genética em populações e os mecanismos responsáveis por interferir e levar à perda desta variação, e é capaz de fornecer a base para o entendimento de estruturas genéticas e processos evolutivos, ao atuar efetivamente na elaboração de estratégias que visam a conservação genética (LEWONTIN, 1974).

A conservação genética *ex situ*, a partir de uma população base ou testes de progênies, como no caso do presente estudo, permite o monitoramento da variabilidade genética para

caracteres relacionados ao crescimento (altura, diâmetro à altura do peito e diâmetro médio de copa) e adaptativos (sobrevivência e florescimento), e a sua aplicabilidade em programas de melhoramento genético e produção de sementes para a recuperação de ambientes degradados (ZARUMA *et al.*, 2015). De acordo com Sebbenn e Etti (2001) e Mastelin *et al.* (2010), a partir da conservação *ex situ* é possível estimar os parâmetros genéticos para os caracteres quantitativos, o que permite a manutenção dos níveis de variação genética nas populações, e o fornecimento de informações a respeito do comportamento silvicultural da espécie.

5 MATERIAL E MÉTODOS

5.1 MATERIAL

5.1.1. População base de *Jacaranda cuspidifolia* Mart. (POP-BAS)

Em uma população natural de *Jacaranda cuspidifolia*, localizada na região de Três Lagoas-MS (Cerrado), foi realizada a coleta de sementes de polinização aberta pela Champion – Indústria de Papel e Celulose de Três Lagoas-MS (atual Suzano). As mudas produzidas foram instaladas na Fazenda de Ensino, Pesquisa e Extensão (FEPE/FEIS/UNESP) em Selvíria - MS, juntamente com outras 16 espécies arbóreas nativas procedentes da mesma região (Tabela 1).

O experimento denominado: “Competição de espécies arbóreas nativas em área degradada por ação antrópica” foi instalado entre 22 e 24 de junho de 1998, em uma área de 7.700 m², no espaçamento de 3,0 m × 1,0 m e composto por 17 espécies (plantadas na seguinte proporção: 9:7:5:5:4:4:3:3:1:1:2:2:1:1:1:3:3), 28 linhas e 5 blocos. Ao total, contava com a presença inicial de 980 indivíduos de *J. cuspidifolia*.

O local (latitude: 20°22'26"S; longitude: 51°24'27"W e altitude de 345 m) é caracterizado como uma área degradada, denominada “área de empréstimo”, em que mais de 8,60 metros de profundidade de solo foram retirados para a construção da UHE Ilha Solteira, entre 1967 e 1978, pela Companhia Energética de São Paulo – CESP (CESP, 2009; ALVES *et al.*, 2012; UNESP, 2017). O clima da região é classificado como tropical úmido (Aw), com períodos chuvosos no verão e secos no inverno. A precipitação média anual é de 1.370 mm, com temperatura média de 24,5 °C e umidade relativa do ar entre 60 e 80% (KÖPPEN, 1931; ALVES *et al.*, 2007; UNESP, 2021). O solo é classificado como Latossolo Vermelho Distrófico típico e, atualmente, apresenta acentuados processos erosivos, sem cobertura vegetal na maior parte de sua extensão e com exposição do subsolo, de caráter ácido e pobre em nutrientes (RODRIGUES *et al.*, 2007; CALGARO *et al.*, 2008; SANTOS *et al.*, 2018).

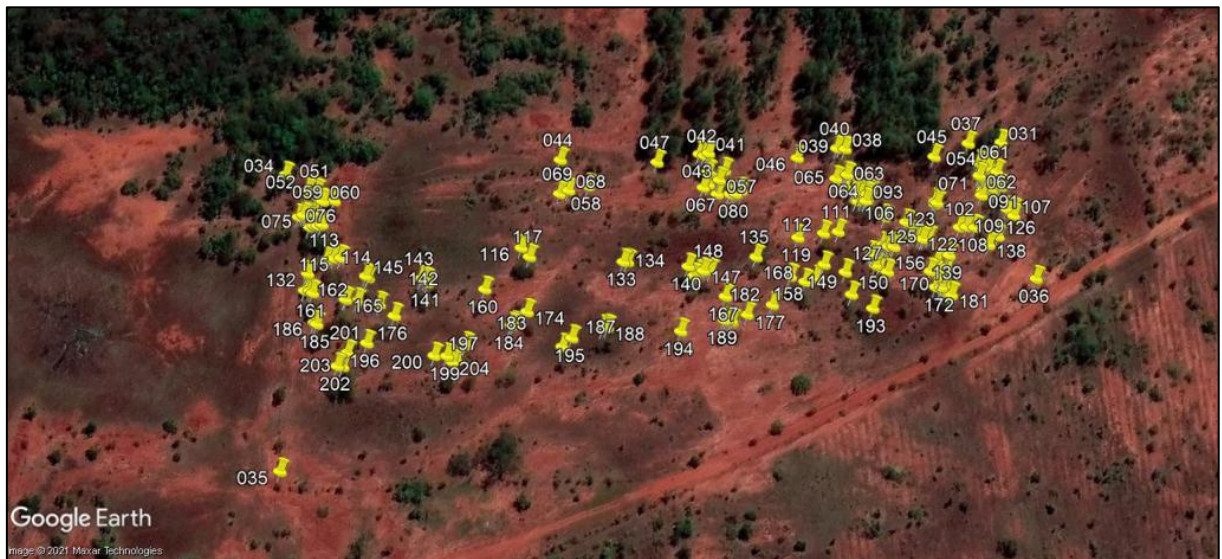
Ao longo dos anos nesta área, os indivíduos de *J. cuspidifolia* constituíram uma população base (POP-BAS) (Figura 4) e, aos 20 anos (2018), foi observado que dos 167 sobreviventes, 31 produziram sementes de polinização aberta. Estas árvores passaram então a ser chamadas de árvores-matrizes e delas foram coletadas sementes para a produção de mudas e a instalação de um teste de progênies (TP-JACA) em área não degradada.

Tabela 1. Lista das espécies arbóreas instaladas na Fazenda de Ensino, Pesquisa e Extensão (FEPE/FEIS/UNESP), em Selvíria – MS no ano de 1998.

N.	Nome Popular	Nome científico	Família	Proporção
1	Candiúba	<i>Trema micrantha</i> (L.) Blume	Cannabaceae	9
2	Jacarandá	<i>Jacaranda cuspidifolia</i> (Mart.)	Bignoniaceae	7
3	Marmelo	<i>Alibertia edulis</i> (Rich.) A. Rich.	Rubiaceae	5
4	Capixingui	<i>Croton floribundus</i> Spreng.	Euphorbiaceae	5
5	Mutambo	<i>Guazuma ulmifolia</i> Lam.	Malvaceae	4
6	Canudo-de-pito	<i>Mabaea fistulifera</i> Mart.	Euphorbiaceae	4
7	Baru	<i>Dipteryx alata</i> Vogel	Fabaceae	3
8	Triplaris	<i>Triplaris brasiliiana</i> Cham.	Polygonaceae	3
9	Princesa	<i>Calliandra brevipes</i> Benth.	Fabaceae	1
10	Ipê verde	<i>Cybistax antisyphilitica</i> (Mart.) Mart.	Bignoniaceae	1
11	Figueira	<i>Ficus guarantinica</i> Chodat	Moraceae	2
12	Jenipapo	<i>Genipa americana</i> L.	Rubiaceae	2
13	Araçá	<i>Psidium cattleianum</i> Sabine	Myrtaceae	1
14	Olho-de-cabra	<i>Ormosia arborea</i> (Vell.) Harms	Fabaceae	1
15	Pau d'alho	<i>Gallesia integrifolia</i> (Spreng.) Harms	Phytolaccaceae	1
16	Caliandra rosa	<i>Calliandra dysantha</i> Benth.	Fabaceae	3
17	Canafístula	<i>Peltophorum dubium</i> (Spreng.) Taub.	Fabaceae	3

Fonte: Aguiar *et al.* (2002). Adaptado.

Figura 4. Distribuição dos indivíduos de *Jacaranda cuspidifolia* Mart. (POP-BAS) ao longo da “área de empréstimo”, em Selvíria-MS.



Fonte: Google Earth, 2021.

5.1.3. Teste de progênies de *Jacaranda cuspidifolia* Mart. (TP-JACA)

O TP-JACA (Figura 5) foi instalado na FEPE/FEIS/UNESP (latitude 20°20'40"S, longitude 51°24'49"W e altitude de 376 m) em 19 de fevereiro de 2019. O delineamento experimental utilizado foi o de blocos casualizados, com 31 tratamentos (progênies), 29 repetições, uma planta por parcela, no espaçamento de 3,0 m × 2,0 m, totalizando 899 indivíduos. O plantio foi realizado em consórcio com a espécie arbórea *Myracrodruon urundeuva*.

Figura 5. Localização da população base (POP-BAS) e do teste de progênies (TP-JACA) na Fazenda de Ensino, Pesquisa e Extensão (FEPE/FEIS/UNESP), em Selvíria-MS.



Fonte: Google Earth, 2022.

5.2 MÉTODOS

5.2.1 População base (POP-BAS)

5.2.1.1 Avaliação dos caracteres silviculturais e estimativas dos parâmetros genéticos

A fim de avaliar os caracteres adaptativos e a variação genética para os caracteres de crescimento, aos 23 anos (2022), foram mensurados: *i*) altura total (ALT, m); *ii*) diâmetro à altura do peito (DAP, cm); *iii*) diâmetro médio da copa (DMC, m) em que: $DMC = (L1 + L2)/2$, L1 = leitura na linha e L2 = leitura na entrelinha; *iv*) sobrevivência (SOB, %): sendo atribuído “1” para a presença da planta e “0” para a sua ausência; e em 2021 foi avaliado: *v*) florescimento (FLO): atribuído “1” para a presença e “0” para a sua ausência da planta.

As análises para estimativas dos componentes de variância e dos parâmetros genéticos de cada um dos caracteres foram realizadas por meio do procedimento REML/BLUP (máxima verossimilhança restrita/melhor predição linear não viciada), via metodologia dos modelos

lineares mistos, empregando-se o *software* SELEGEN (RESENDE, 2007a; 2016), modelo 58 (Equação 1):

$$y = Xu + Zg + Wl + Tc + e \quad (1)$$

em que: y é o vetor de dados, u é o escalar referente a média geral, g é o vetor dos efeitos genotípicos (aleatório), l é o vetor dos efeitos de linha (aleatório), c é vetor dos efeitos de coluna (aleatório) e e é o vetor de erros ou resíduos (aleatório). As letras maiúsculas representam as matrizes de incidência para os referidos efeitos.

A partir do modelo matemático (Equação 1), foram estimados os seguintes parâmetros: $\hat{\sigma}_g^2$: variância genotípica; $\hat{\sigma}_l^2$: variância ambiental entre linhas; $\hat{\sigma}_c^2$: variância ambiental entre colunas; $\hat{\sigma}_e^2$: variância residual (ambiental + não aditiva); $\hat{\sigma}_f^2$: variância fenotípica individual; $\hat{h}_g^2$: herdabilidade individual, no sentido amplo, ou seja, dos efeitos genotípicos totais; $\hat{h}_{aj}^2$: herdabilidade individual, no sentido amplo, ajustada para os efeitos de linha e coluna; $\hat{c}_l^2$: coeficiente de determinação dos efeitos de linhas; $\hat{c}_c^2$: coeficiente de determinação dos efeitos de colunas; CV_g : coeficiente de variação genotípica; CV_e : coeficiente de variação experimental; CV_r : coeficiente de variação relativa; $\hat{m}$: média geral; LRT: Teste da razão de verossimilhança; χ^2 : qui-quadrado da *deviance*, conforme Vencovsky e Barriga (1992), Resende (2002, 2007b) e Cruz (2005).

5.2.1.2 Biometria em frutos, qualidade física e fisiológica em sementes, e estimativas dos parâmetros genéticos

Em agosto de 2021, durante o levantamento realizado na POP-BAS, foi observada a sobrevivência de 167 indivíduos. Destes, 69 frutificaram durante o evento reprodutivo (2020-2021). Foram então coletados os frutos de 60 árvores-matrizes (os frutos de nove árvores haviam completado deiscência). O material foi identificado, organizado em sacos de papel, conduzido até o Laboratório de Genética de Populações, Evolução e Silvicultura (LGPS) da UNESP de Ilha Solteira e armazenado em temperatura ambiente (25 ± 2 °C).

No laboratório, os frutos foram abertos com o auxílio de um martelo e as sementes, extraídas. Para cada árvore-matriz foi realizada a mistura das sementes de seus frutos e o armazenamento em sacos plásticos, totalizando 60 amostras. Por conseguinte, foram realizadas análises referentes a biometria dos frutos e testes relacionados à qualidade física e fisiológica das sementes: i) grau de umidade (GRA); ii) massa de 100 sementes (M100); iii) teste de

emergência de plântulas (%E); iv) condutividade elétrica (CEL), conforme os procedimentos de Nakagawa (1999), Carvalho e Nakagawa (2000), Marcos Filho (2005), Brasil (2009), Piña-Rodrigues *et al.* (2015) e Luz (2016).

a) Biometria dos frutos (COf, LAf e ESf): Para a avaliação dos aspectos biométricos, foram utilizados os materiais de 33 árvores-matrizes, num total de 286 frutos. Em média, cada árvore-matriz apresentou repetições de 5 a 10 frutos. Com o auxílio de um paquímetro digital, foram aferidos os caracteres: i) comprimento dos frutos (COf, cm), ii) largura dos frutos (LAf, cm) e iii) espessura dos frutos (ESf, cm). A largura e a espessura foram medidas na região intermediária dos frutos e o comprimento, de seu ápice até a base. Os métodos empregados estão de acordo com Luz (2016).

b) Massa de 100 sementes (M100): Para a verificação da massa (g) foram separadas, ao acaso, as sementes de 33 árvores-matrizes diferentes e para cada uma delas, elaborado quatro repetições de 100 sementes, totalizando 400 sementes por amostra. Após isso, com a ajuda de uma balança de precisão de 0,001g, foi realizada a pesagem das 132 repetições. Os procedimentos adotados seguiram os padrões descritos por Brasil (2009).

c) Grau de umidade das sementes (GRA): O grau de umidade foi determinado pelo método da estufa em $105 \pm 3^\circ\text{C}$, por 24 horas, conforme Brasil (2009). Foram utilizadas sementes de 23 árvores-matrizes, de uma a duas repetições (num total de 35 repetições). Para o cálculo do (GRA) usou-se a seguinte expressão (Equação 2):

$$GRA(\%) = \frac{P_u - P_s}{P_u - P_r} \cdot 100 \quad (2)$$

em que: P_u , P_s e P_r se referem as massas das sementes úmida, seca e do recipiente, respectivamente.

d) Condutividade elétrica das sementes (CEL): Para as análises de condutividade elétrica foram utilizadas as sementes de 32 árvores-matrizes e para cada uma delas, quatro repetições com 25 sementes. Estas foram pesadas em balança de precisão 0,001g e colocadas para embebição em copos plásticos contendo 75 ml de água deionizada por 24 horas, a 25°C . Em seguida, foi realizada a leitura da condutividade, em condutímetro digital (CD-820, Instrutherm, São Paulo), cujos resultados foram expressos em $\mu\text{S cm}^{-1} \text{ g}^{-1}$, com base em Lopes e Sá (2009).

e) Emergência de plântulas (%E): Para a elaboração do teste de emergência, foi utilizado o delineamento inteiramente ao acaso, com 100 sementes por tratamento, divididas em quatro repetições com 25 unidades cada. Ao todo, foram utilizados materiais de 33 árvores-matrizes.

As sementes de *J. cuspidifolia* foram semeadas em bandejas plásticas com 29 cm de comprimento x 22 cm de largura x 10 cm de profundidade e preenchidas com substrato comercial. Ao fim do processo, foi determinada a porcentagem de emergência: contagem do número de sementes emergidas em até 40 dias após a semeadura, tendo como critério de avaliação a exposição de qualquer parte da plântula acima da superfície do solo. Os resultados foram expressos em porcentagem, conforme descrito por Alves *et al.* (2011). Os testes para avaliação da %E foram iniciados 50 dias após o armazenamento das sementes em temperatura ambiente (25 ± 2 °C).

Os aspectos biométricos dos frutos e os caracteres relacionados à qualidade das sementes foram analisados em delineamento inteiramente casualizado, a partir do modelo 83 do *software* Selegen, com o procedimento REML/BLUP, via modelo linear misto (Equação 3):

$$y = Xu + Zg + e \quad (3)$$

em que: y , u , g e e são os vetores de dados, média geral, efeitos genotípicos e dos erros, respectivamente. X e Z referem-se as matrizes de incidência dos referidos efeitos.

A partir do modelo matemático (Equação 3) foram estimados os seguintes parâmetros: $\hat{\sigma}_g^2$: variância genotípica; $\hat{\sigma}_e^2$: variância residual (ambiental + não aditiva); $\hat{\sigma}_f^2$: variância fenotípica individual; $\hat{h}_g^2$: herdabilidade individual, no sentido amplo, ou seja, dos efeitos genotípicos totais; $\hat{h}_{aj}^2$: herdabilidade individual, no sentido amplo, ajustada para os efeitos de linha e coluna; CV_{gi} : coeficiente de variação genotípica; CV_e : coeficiente de variação experimental; $\hat{m}$: média geral; LRT: Teste da razão de verossimilhança; χ^2 : qui-quadrado da *deviance*, conforme Vencovsky e Barriga (1992), Resende (2002, 2007b) e Cruz (2005).

5.2.1.3 Análise bioquímica em sementes

As análises dos teores de macronutrientes: nitrogênio (N); fósforo (P); potássio (K); cálcio (Ca); magnésio (Mg) e enxofre (S), foram realizadas com sementes de 28 árvores-matrizes, constituídas de quatro repetições, conforme os procedimentos descritos por Malavolta *et al.* (1997) e Silva (1999).

Para a determinação do N realizou-se a digestão sulfúrica, utilizando o método semimicro-Kjeldahl (BREMMER, 1960). Para os teores de P, K, Ca, Mg, S realizou-se a digestão nítrico-perclórica. Os procedimentos analíticos foram empregados utilizando: calorimetria do metavanadato (P) turbidimetria do sulfato de bário (S), fotometria de chama de

emissão (K) e quelatometria do EDTA (Ca e Mg). Os valores obtidos foram expressos em g.kg^{-1} (Apêndice 2).

5.2.1.3 Caracterização dos atributos químicos do solo

Para evidenciar a baixa disponibilidade de nutrientes e as condições adversas do local, foi realizada a análise química do solo no qual as 31 matrizes estavam inseridas (Apêndice 1).

Na projeção da copa de 29 árvores-matrizes foram atribuídos pontos para a coleta de solo, na profundidade 0 – 0,20 m. Conduzidas ao Laboratório de Fertilidade de Solos da Universidade Estadual Paulista (UNESP), campus de Ilha Solteira, as amostras foram secas ao ar livre, homogeneizadas e peneiradas por meio de uma malha de 2 mm.

Foram analisados os seguintes atributos químicos do solo: cálcio (Ca^{2+}); magnésio (Mg^{2+}); potássio (K^+); fósforo (P); alumínio (Al^{3+}); matéria orgânica do solo (MO); pH (CaCl_2); capacidade de troca de cátions (CTC); saturação por bases (V%); saturação por alumínio (m%); e enxofre (S. SO_4). As concentrações de Ca^{2+} , Mg^{2+} , K^+ e P disponíveis foram medidas utilizando o método de resina de troca de íons (Raij, 2001). O pH foi determinado em água (EMBRAPA, 2011) e o MO pelo método Kjeldahl (MALAVOLTA; VITTI; OLIVEIRA, 1997).

5.2.2 Teste de progênies (TP-JACA)

5.2.2.1 Avaliação dos caracteres silviculturais e estimativas dos parâmetros genéticos

Aos três anos de plantio, em 2022, foram avaliados os seguintes caracteres de crescimento: *i*) altura (ALT, m); *ii*) diâmetro à altura do peito (DAP, cm); *iii*) diâmetro médio da copa (DMC, m); *iv*) sobrevivência (SOB, %) e o *v*) florescimento (FLO %, avaliado em 2021).

As estimativas dos componentes de variância e os parâmetros genéticos foram obtidos por meio do *software* Selegen (RESENDE, 2007a; 2016), via metodologia de máxima verossimilhança restrita e melhor predição linear não viciada (REML/BLUP). O modelo utilizado foi o de progênies de meios-irmãos, em um delineamento de blocos casualizados (DBC), com uma planta por parcela, em uma só população e em um só local, por meio do modelo 95 (Equação 4):

$$y = Xr + Za + e \quad (4)$$

em que: y , r , a e e são os vetores de dados, repetições, genéticos aditivos e do erro, respectivamente. As letras maiúsculas são as matrizes de incidência dos referidos efeitos.

A partir do modelo matemático (Equação 4), foram estimados os seguintes parâmetros: $\hat{\sigma}_a^2$: variância genética aditiva; $\hat{\sigma}_e^2$: variância residual; $\hat{\sigma}_f^2$: variância fenotípica individual; $\hat{h}_a^2$: herdabilidade individual no sentido restrito; $\hat{h}_m^2$: herdabilidade em nível de médias de progênies; $\hat{h}_{ad}^2$: herdabilidade aditiva dentro de parcelas; CV_g : coeficiente de variação genotípica; CV_{gp} : coeficiente de variação genotípica entre progênies; CV_e : coeficiente de variação experimental; CV_r : coeficiente de variação relativa; r_{aa} : acurácia; $\hat{m}$: média geral; LRT: Teste da razão de verossimilhança; χ^2 : qui-quadrado da *deviance*.

Para avaliar o potencial das árvores matrizes da POP-BAS e de seus descendentes do TP-JACA, foi realizada a seleção das melhores matrizes/progênies, a partir do ranqueamento dos valores de BLUPs da análise de variância para o caráter DAP. Adicionalmente, fez-se a seleção simultânea entre os caracteres de crescimento a partir do índice baseado em soma de “ranks” (Mulamba e Mock, 1978), utilizando o *software* Selegen.

5.2.3 Análise multivariada

O conjunto de dados da POP-BAS foram analisados por meio da estatística descritiva e, em seguida, aplicado o teste de Shapiro-Wilk a 5% de probabilidade para identificar se apresentavam distribuição normal. Em seguida, foi realizada a análise de variância multivariada, para a avaliação da variabilidade genética total existente entre genótipos, por meio da padronização de dados entre as variáveis de crescimento $\times$ biometria dos frutos $\times$ qualidade física, fisiológica e nutricional em sementes $\times$ atributos químicos de solo. A partir desta análise foi gerada a correlação de Pearson e a distância Euclidiana, como medidas de dissimilaridades.

Posteriormente, foi efetuada a análise de Componentes Principais, com o objetivo de avaliar a similaridade dos indivíduos, por intermédio de sua dispersão gráfica, utilizando os dois primeiros componentes principais como eixo de referência (MARDIA *et al.*, 1979; DUNTEMAN, 1984, CRUZ E REGAZZI, 1994). Estas análises foram realizadas utilizando o *software* R (R Development Core Team, 2020).

Adicionalmente, para identificar as correlações genéticas ($\hat{r}_{x,y}$) (Equação 5) entre os caracteres de crescimento no TP-JACA, com base na análise multivariada, foi estimada a divergência genética por meio da distância generalizada de Mahalanobis (Equação 6), a partir do modelo 104 do *software* Selegen.

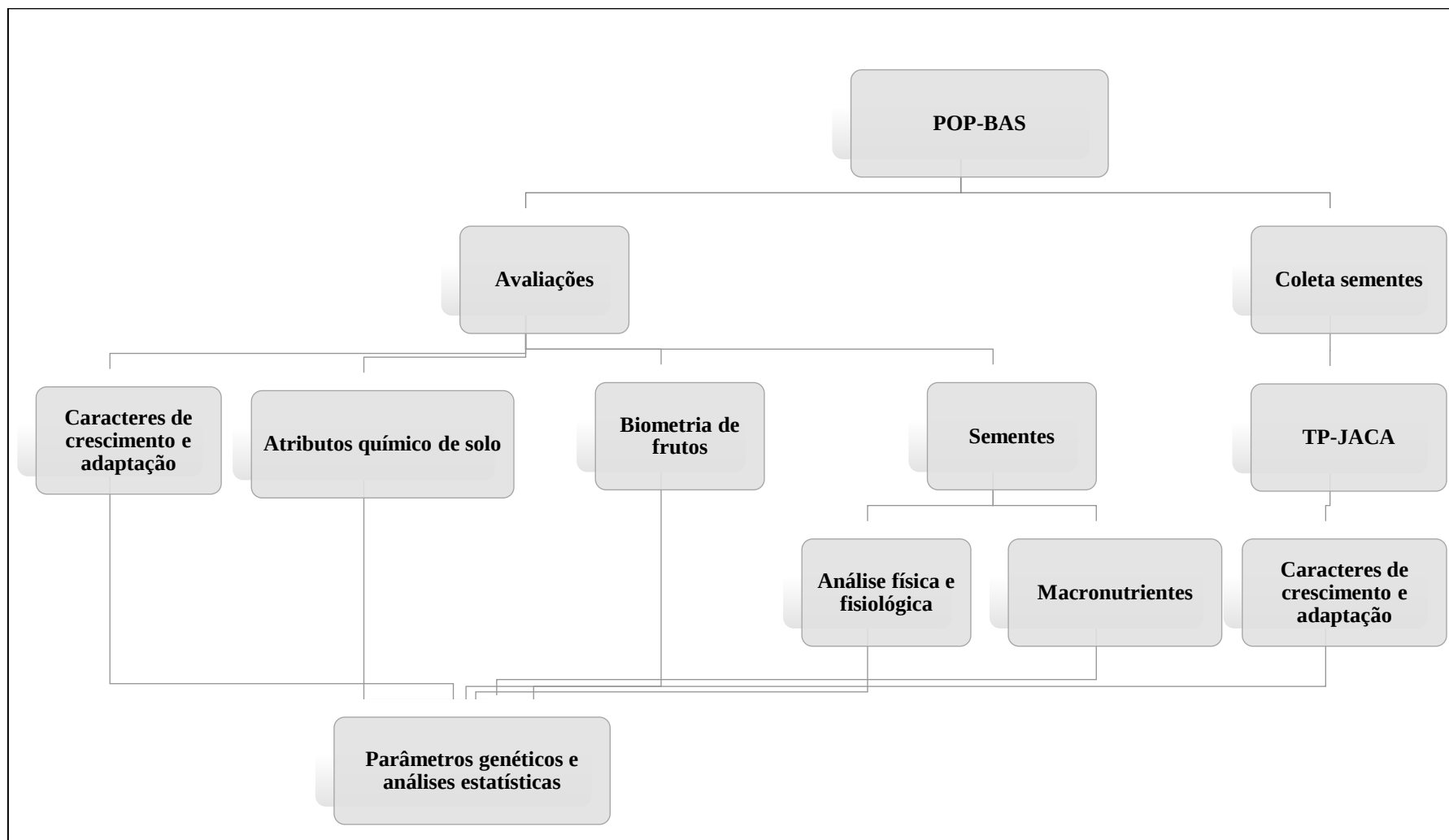
$$\hat{r}_{x,y} = \frac{C\hat{O}V_{a(x,y)}}{\sqrt{\hat{\sigma}_{a(x)} * \hat{\sigma}_{a(y)}}} \quad (5)$$

$$D_{ii'}^2 = \delta' \Psi^{-1} \delta \quad (6)$$

em que: $D_{ii'}^2$ é a distância de Mahalanobis entre os genótipos i e i' ; Ψ é matriz de variâncias e covariâncias residuais; $\delta' = [d_1, d_2, \dots, d_v]$, sendo $d_j = Y_{ij} - \bar{Y}_i$; Y_{ij} : é a média do i -ésimo genótipo em relação a j -ésima variável (CRUZ e CARNEIRO, 2003).

As estimativas das distâncias de Mahalanobis (D^2) permitiram agrupar as progênies pelo método de Tocher (CRUZ *et al.*, 2004).

5.3 FLUXOGRAMA DAS ATIVIDADES DO PRESENTE ESTUDO



Fonte: Própria autora.

6 RESULTADOS E DISCUSSÃO

6.1 POPULAÇÃO BASE DE *Jacaranda cuspidifolia* Mart. (POP-BAS)

6.1.1 Sobrevivência e florescimento

Durante o levantamento realizado em 2021, foi observado que dos 980 espécimes de *J. cuspidifolia* instalados na “área de empréstimo” em 1998, 17,04% sobreviveram, totalizando 167 indivíduos. Tais valores indicaram que a sobrevivência, aos 23 anos de idade, na POP-BAS foi baixa. Contudo, ao comparar com as outras 16 espécies introduzidas durante o processo de reflorestamento, o jacarandá-caroba apresentou o melhor desempenho. Conforme Sebbenn (2002) e Pereira *et al.* (2004), a seleção natural nestes ambientes exerce forte pressão e tende a eliminar parte da população não adaptada às condições, moldando-a e permitindo aumento em seu valor adaptativo. Estes resultados corroboram para a conservação genética *ex situ* da população e para a sua aplicação em programas de restauração ecológica, uma vez que, os genótipos sobreviventes são promissores e certamente garantirão a formação de novas populações bem como a ocupação de ambientes perturbados, a partir de seus descendentes.

Aguiar (2001) ao avaliar um teste de progênes de *J. cuspidifolia* aos quatro anos de idade em Selvíria-MS, observou a sobrevivência de 95%. Cornacini (2016) ao investigar a mesma população, aos 18 anos, encontrou uma sobrevivência de 71%. Tais valores relatados na literatura permitem inferir que em ambientes não perturbados a sobrevivência da espécie tende a ser maior. É válido destacar que além dos fatores ambientais, outro fator contribuinte para a taxa de sobrevivência no presente estudo é o fato da espécie ser pioneira e apresentar ciclo de vida curto, que varia de 10 a 20 anos quando em alta densidade (CORNACINI, 2016).

Em 2018, foi constatado a presença de florescimento e frutificação em 31 indivíduos, o que corresponde a 18,5% de florescimento na população (Figura 6). Em contrapartida, no ano de 2021, houve aumento no número de indivíduos participantes do evento reprodutivo, com 41,3% da população atual florescendo, o que representa 69 indivíduos (Figura 6). Nestas avaliações houve um sincronismo de 22 indivíduos (13,2%) que floresceram em ambos os eventos reprodutivos.

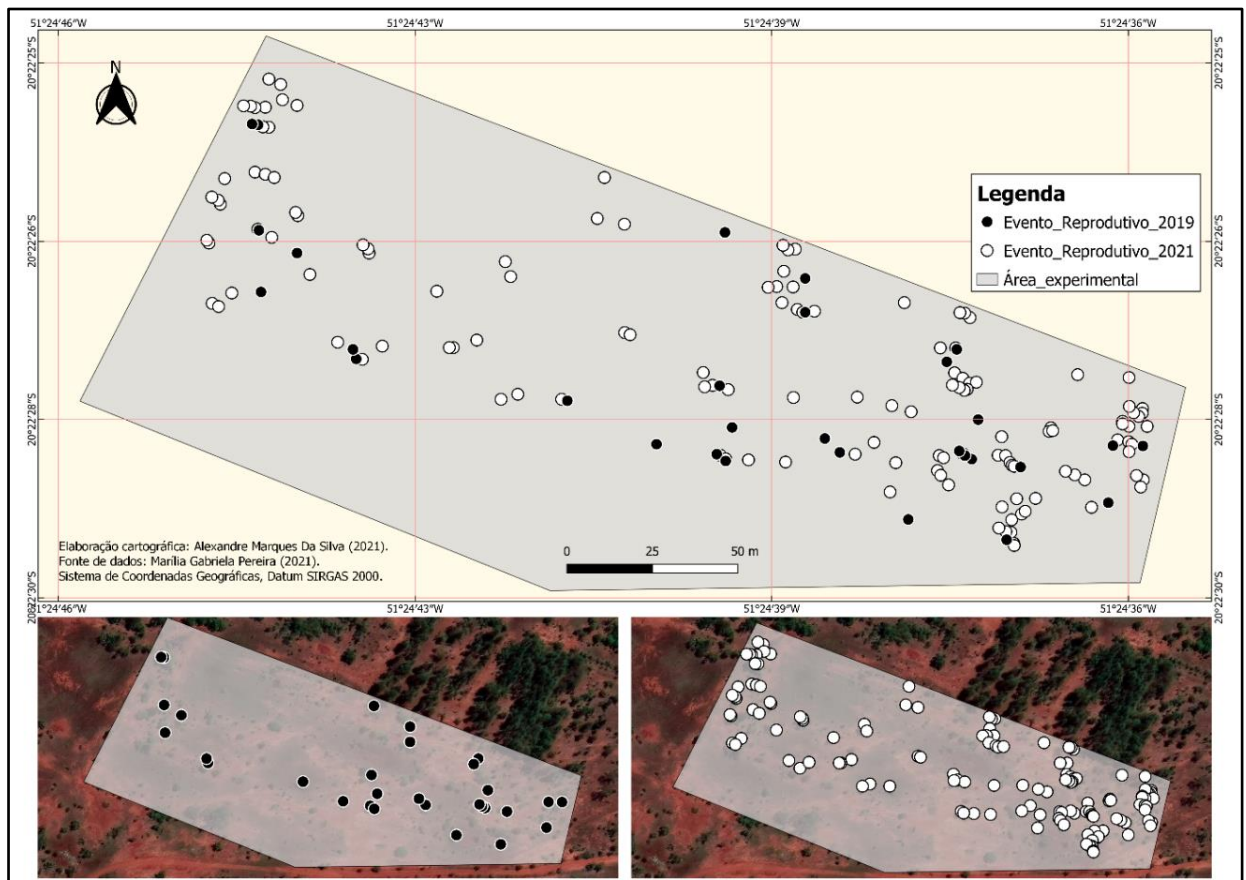
O período reprodutivo é de grande relevância para a dinâmica populacional e para a própria sobrevivência da espécie. Aspectos relacionados à sua duração, frequência, intensidade e sincronismo, afetam diretamente o sucesso reprodutivo e a estrutura genética de uma população (DOLIGEZ e JOLY, 1997; HOMEM, 2011). Tal mecanismo é de suma importância

para que as plantas garantam sua perpetuação e sucesso em longo prazo. A assincronia entre os membros da população ou a participação de poucos indivíduos, tem efeito significativo na reprodução, pois compromete a população e influencia diretamente a variabilidade genética das futuras gerações (STEPHENSON, 1982; FUCHS *et al.*, 2003).

Sant'ana (2017) relatou que a média de florescimento da espécie *M. urundeuva*, que é caracterizada como decídua, heliófita, seletiva e xerófita, assim como *J. cuspidifolia*, foi de 35% nas seis procedências avaliadas, aos 12, 19, 19, 24, 29 e 29 anos. Estes valores são próximos aos encontrados neste estudo. Segundo a autora, fatores ambientais como a precipitação, a temperatura, o fotoperíodo e a intensidade de radiação influenciaram o período reprodutivo das populações.

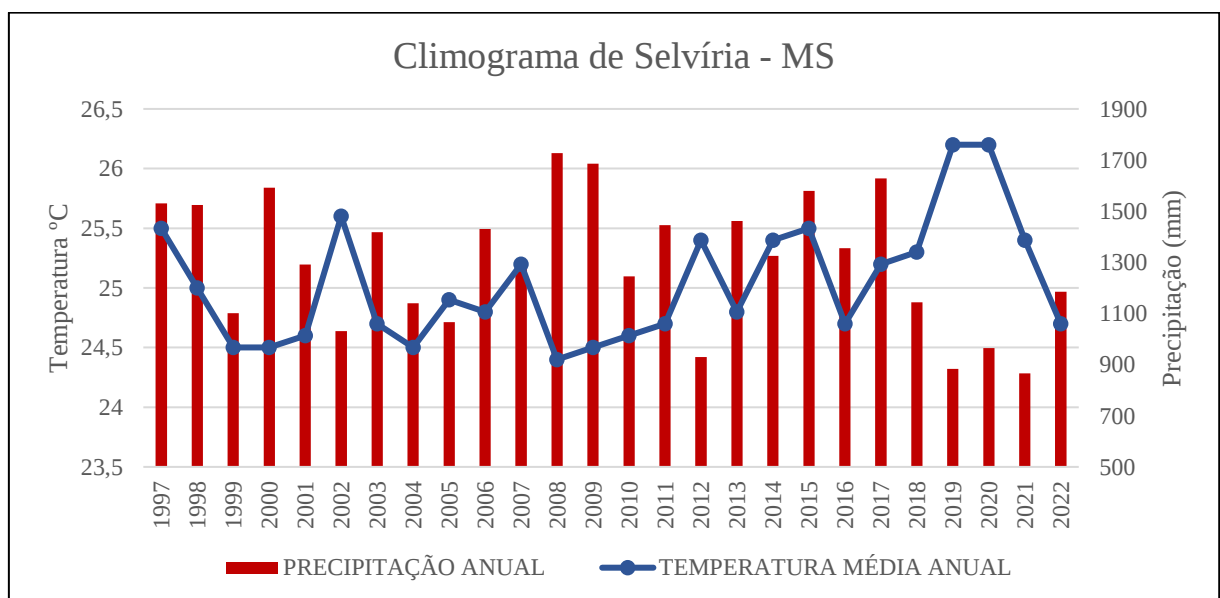
No ano de 2018, período em que datava o início do evento reprodutivo 2018-2019, a precipitação anual foi de 1143,9 mm, com temperatura média de 25,3 °C (Figura 7). Já em 2020, ano que marcou o início do evento reprodutivo de 2020-2021, a precipitação anual foi de 964,8 mm, com temperatura média de 26,2 °C (Figura 7). É possível observar, portanto, uma diferença de 179,1 mm de pluviosidade entre os eventos reprodutivos, além do aumento médio da temperatura. Esta mudança climatológica possivelmente casou alteração no comportamento reprodutivo da POP-BAS, sendo provável que durante a estação de seca houve desvio de recursos da fase vegetativa para a fase reprodutiva, uma vez que a espécie investe na produção de flores e frutos durante o período de senescência foliar, explicando o aumento de indivíduos participantes do evento de 2020-2021 (FOSTER, 1990; SANT'ANA, 2017). Considerando o estresse abiótico do local e a performance de florescimento de *M. urundeuva* sob melhores condições, conforme relatado por Sant'ana (2017), os sobreviventes de *J. cuspidifolia* estão adaptados nesta área, e possivelmente nos próximos anos a POP-BAS poderá aumentar o número de indivíduos participantes de eventos reprodutivos.

Figura 6. Indivíduos da POP-BAS participantes dos eventos reprodutivos de 2018-2019 e 2020-2021 ao longo da “área de empréstimo”, em Selvíria-MS.



Fonte: Dados de pesquisa da autora, 2021.

Figura 7. Climograma de Selvíria-MS no período de 1997 a 2022.



Fonte: Canal do Clima, Unesp Ilha Solteira 2022.

Elaboração: Própria autora.

6.1.2 Caracteres de crescimento e parâmetros genéticos

Os valores médios para os caracteres de crescimento, aos 23 anos, foram: 4,49 m para ALT; 9,05 cm para DAP e 3,99 m para DMC. Estes resultados diferiram dos observados e relatados em literatura. Cornacini (2016) ao avaliar um teste de progênes de *J. cuspidifolia* aos 18 anos, na mesma região, mas em solo não degradado, encontrou médias de crescimento de 10,86 m para ALT; 14,34 cm para DAP e 4,79 m para DMC. Otsubo *et al.* (2015) ao analisarem a espécie nativa e pioneira *Terminalia argentea* Mart. & Zucc. (Combretaceae) em Selvíria-MS, observaram valores de 9,72 m para ALT; 12,83 cm para DAP e 4,17 m para DMC, aos 15 anos. Segundo Broetto *et al.* (2017), em casos de estresses abióticos as plantas podem apresentar alterações extremamente complexas, capazes de restringir o seu crescimento e desenvolvimento. Tais resultados revelam que, possivelmente, as condições ambientais do local de plantio atuaram como limitantes de crescimento e desenvolvimento na POP-BAS, pois quando comparada a indivíduos da espécie ou do mesmo estágio sucessional, instalados em ambientes não impactados, apresentaram valores menores para os caracteres de crescimento.

O teste de razão e verossimilhança (LRT), obtido a partir da *deviance*, não detectou valores significativos entre 1 e 5 % de significância para todos os caracteres avaliados (Tabela 2). Embora não tenha sido identificado diferenças significativas entre os indivíduos, é necessário se atentar aos demais parâmetros genéticos quanto à variação genética.

A herdabilidade individual no sentido amplo ($\hat{h}_g^2$), definida como parte da variância fenotípica que ocorre em virtude das diferenças genéticas entre os indivíduos, foi de baixa magnitude para todos os caracteres avaliados: 0,13 para ALT; 0,11 para DAP e 0,13 para DMC (Tabela 2). Estes resultados evidenciam a influência ambiental sobre a população, fator que poderia estar suprimindo a real expressão da variabilidade genética. Alcantara (2019) ao avaliar a população regenerante de *A. fraxinifolium*, no mesmo local do presente estudo, encontrou valores de 0,69 para ALT e 0,33 para o DAP, o que indicou forte controle genético sobre os indivíduos e a possibilidade de ganhos significativos através da seleção de árvores matrizes. Cornacini (2016) ao investigar um teste de progênes de *J. cuspidifolia* em área não degradada, aos 18 anos de idade, encontrou valores de herdabilidade entre 0,65 e 0,79 para ALT, DAP e DMC. De acordo com Sebbenn *et al.* (2009) e Cornacini (2016), altos valores para este parâmetro indicam o potencial da população frente à atuação da seleção natural e quanto maior, melhor será o controle genético dos caracteres, o que torna possível a obtenção de ganhos na seleção.

O coeficiente de variação genética (cv_g %) foi de 9,70% para ALT; 11,53% para DAP e 12,01% para DMC (Tabela 2). Segundo Resende *et al.* (1991) e Sebbenn *et al.* (1998), tal coeficiente indica se existe variabilidade genética entre os indivíduos da população e relatam que valores acima de 7% podem ser considerados altos. Tais resultados expressam a presença de variabilidade genética entre os indivíduos da POP-BAS e evidenciam que o DAP e o DMC são os caracteres que apresentam maior variação genética.

O coeficiente de variação experimental (cv_e %) foi de alta magnitude para todos os caracteres (Tabela 2). Este fato era esperado, uma vez que o experimento possui número elevado de falhas e se localiza em uma área degradada no qual não foi realizado nenhuma operação de manejo.

Apesar do cv_g ser inferior ao cv_e para todos os caracteres avaliados, os efeitos ambientais não foram expressivos a ponto de suprimir a total expressão da variabilidade genética. Assim, a POP-BAS preserva ainda substancial variação entre os indivíduos (PUPIN *et al.*, 2017). Cornacini (2016) observou valores médios para o cv_e entre 9,33 e 11,55% para o teste de progênies da mesma espécie, aos 18 anos. Pupin *et al.* (2017) ao avaliar um teste de progênies de *M. urundeuva* aos quatro e nove anos de idade, identificaram valores semelhantes aos do presente estudo, em que o cv_e se mostrou superior ao cv_g . Os autores atribuíram estes resultados à competição com outras espécies, já que o experimento se encontrava consorciado com *Cordia trichotoma* (Vell.) Arráb. Ex. Steud. (Boraginaceae), *J. cuspidifolia* e *Mabea fistulifera* Mart. (Euphorbiaceae), formando um sistema multi-espécie.

O coeficiente de variação relativa (cv_r) relaciona o coeficiente genotípico e o coeficiente experimental e é capaz de indicar qual o caráter mais adequado para o sucesso na seleção (VENCOVSKY e BARRIGA, 1992). Este coeficiente engloba diversas classes de intervalos e valores de 0 a 0,25 são considerados ruins; de 0,25 a 0,50 intermediários; de 0,50 a 0,75 bons e superior a 0,75 ótimos. No presente estudo foram encontrados resultados na ordem de 0,38 a 0,39 para o CV_r , sendo considerados intermediários. Neste caso, seria interessante escolher a variável DAP para critério de seleção, uma vez que é de fácil mensuração.

Os resultados obtidos neste trabalho a partir das estimativas dos componentes da variância e dos parâmetros genéticos para os caracteres silviculturais (ALT, DAP e DMC) para a POP-BAS, aos 23 anos de idade, evidenciaram a influência das condições ambientais e o potencial da seleção natural frente ao crescimento, desenvolvimento e estruturação genética da população. Conforme destacado por Pupin *et al.* (2017), as diferenças entre cv_g e cv_e podem ter influenciado a não detecção de variação genética pelo teste de razão de verossimilhança (LRT),

para os caracteres avaliados. No entanto, o CV_g foi superior a 7%, o que indica a presença de variabilidade entre indivíduos.

Tabela 2. Estimativas dos parâmetros genéticos, média geral e teste de razão de verossimilhança (LRT) para a população base de *Jacaranda cuspidifolia* Mart. (POP-BAS) aos 23 anos de idade, localizada ao longo da “área de empréstimo, em Selvíria – MS.

Estimativas	ALT (m)	DAP (cm)	DMC (m)
$\hat{\sigma}_g^2$	0,19	1,09	0,23
$\hat{\sigma}_e^2$	1,24	7,47	1,55
$\hat{\sigma}_f^2$	1,47	9,51	1,84
$\hat{h}_g^2$	0,13±0,08	0,11±0,07	0,13±0,08
$\hat{h}_{aj}^2$	0,13	0,12	0,13
CV_g (%)	9,70	11,53	12,01
CV_e (%)	24,80	30,20	31,20
CV_r	0,39	0,38	0,38
$\hat{m}$	4,49	9,05	3,99
LRT(χ^2)	0,00 ^{ns}	0,00 ^{ns}	0,00 ^{ns}

Nota: ns: não significativo a 1% com um grau de liberdade. $\hat{\sigma}_g^2$: variância genotípica; $\hat{\sigma}_e^2$: variância residual (ambiental+não aditiva); $\hat{\sigma}_f^2$: variância fenotípica individual; $\hat{h}_g^2$: herdabilidade individual no sentido amplo ou seja dos efeitos genotípicos totais; $\hat{h}_{aj}^2$: herdabilidade individual no sentido amplo, ajustada para os efeitos de linha e coluna; CV_g : coeficiente de variação genotípica; CV_e : coeficiente de variação experimental; CV_r : coeficiente de variação relativa; $\hat{m}$: média geral; LRT: Teste da razão de verossimilhança; χ^2 qui-quadrado da deviance.
Fonte: Dados de pesquisa da autora, 2022.

6.1.3 Biometria dos frutos

Estudos que envolvam análises das características morfoanatômicas de frutos e sementes podem ser fundamentais para a classificação dos gêneros, análises de distribuição e mecanismos de dispersão, e fornecem informações relevantes para a conservação da espécie e sua utilização em programas de recuperação de áreas degradadas (PAOLI e BIANCONI, 2008; LUZ, 2016).

A caracterização biométrica dos frutos (comprimento, espessura e largura) é um instrumento importante na detecção de variabilidade genética entre indivíduos de uma mesma população ou entre populações diferentes, e as relações obtidas entre essa variabilidade e os fatores ambientais podem predizer o potencial da população frente a programas de

melhoramento genético e a sua resiliência adaptativa (CARVALHO *et al.*, 2003; FONTENELE *et al.*, 2007; CORRÊA *et al.*, 2008).

Os caracteres morfológicos dos frutos de *J. cuspidifolia* provenientes da POP-BAS aos 23 anos de idade, durante o evento reprodutivo de 2020-2021, apresentaram comprimento médio de 6,28 cm; largura média de 5,83 cm e espessura média de 2,34 cm (Tabela 3). Sangalli *et al.* (2008) ao avaliarem frutos da subespécie *Jacaranda decurrens* subsp. *symmetrifoliolata* F. & P. (Bignoniaceae) obtiveram resultados entre 5,9 cm a 11,9 cm para o COF; 4,8 cm a 8,8 cm para LAf e 1,5 cm a 2,9 cm para ESf. Gurgel *et al.* (2006) ao investigarem frutos de *Jacaranda copaia* subsp. *spectabilis* (Mart. ex DC.) A. H. Gentry (Bignoniaceae), observaram valores de 8,2 cm a 10,90 cm para o comprimento; de 1,25 a 4,67 cm para a largura, e de 1,14 cm a 1,57 cm para a espessura. Por fim, Lima *et al.* (2018) verificaram que os frutos de *Jacaranda brasiliiana* (Lam.) Pers. (Bignoniaceae) apresentaram comprimento de 5,7 cm a 10 cm; largura de 5,1 cm a 7,2 cm e espessura de 2,1 cm a 3,2 cm. Tais resultados indicaram proximidade aos dados obtidos nesta pesquisa e evidenciaram que os fatores ambientais não foram significativos a ponto de alterar o desenvolvimento dos frutos.

O teste de razão de verossimilhança (LRT) foi significativo a 1% para todos os caracteres biométricos avaliados, o que indica a existência de variabilidade entre as árvores matrizes da POP-BAS para os caracteres biométricos dos frutos (Tabela 3).

Tanto COF, quanto LAf e ESf apresentaram altos valores para a herdabilidade genotípica ($\hat{h}_g^2$) (Tabela 3). Segundo Canuto (2009), a herdabilidade está relacionada à variabilidade total retida na descendência, que pode ser de origem genética ou a partir de seleção. Luz (2016) ao avaliar frutos de *Dipteryx alata*, coletados em três populações naturais de diferentes estados, encontrou valores de $\hat{h}_g^2$ entre 0,51 a 0,71 para o COF, LAf e ESf. Tais resultados permitem inferir que todos os caracteres avaliados apresentaram um alto controle genético, com destaque para ESf, o que reforça a importância da conservação genética *ex situ* desta população, já que, segundo Gusmão *et al.* (2006), a biometria dos frutos pode servir de base para a conservação e exploração de recursos com valor econômico, ao permitir incremento contínuo da busca racional e uso eficaz dos frutos.

O coeficiente de variação genotípica (cv_g %) expressa a quantidade de variação entre os indivíduos e foi maior que 7% em todos os casos, considerado alto (SEBBENN *et al.*, 1998) (Tabela 3). Luz (2016) observou valores de 7,18 a 24,66% entre as procedências analisadas, para os mesmos caracteres, em frutos de *D. alata*. Os resultados do presente estudo, para este

parâmetro, permitem a detecção de genótipos superiores e promissores para os caracteres biométricos dos frutos.

O coeficiente de variação experimental (cv_e %) foi de 7,25% para COF; 6,02% para LAF e 6,39% para ESf. Estes valores evidenciaram baixa influência do ambiente para os caracteres biométricos dos frutos na POP-BAS e boas estimativas dos parâmetros genéticos. Zuffo *et al.* (2014) ao avaliarem a biometria dos frutos e sementes de *D. alata* na região leste do Mato Grosso, identificaram que em anos com maior incidência de chuva os frutos apresentavam maiores dimensões, o que permitiu inferir que fatores ambientais podem influenciar diretamente os caracteres avaliados.

Neste contexto, pode-se concluir que os caracteres biométricos dos frutos de *J. cuspidifolia*, avaliados em 2021, apresentaram valores expressivos para o coeficiente de herdabilidade genotípica e o coeficiente de variação genotípica, o que evidencia a grande variação genética entre as matrizes. Tais resultados, quando comparado à literatura, indicam que mesmo os fatores ambientais (temperatura, déficit hídrico e solo degradado) tendo influência no desenvolvimento dos caracteres avaliados, não foram suficientes para suprimir a variação genética e a produção de frutos com características biométricas dentro do esperado para a espécie. Portanto, a conservação genética *ex situ* da POP-BAS é notavelmente importante, já que esta prática poderá permitir a manutenção e a ampliação da variabilidade genética por meio de futuros programas de melhoramento genético.

Tabela 3. Estimativas dos parâmetros genéticos para comprimento do fruto (COF), largura do fruto (LAF) e espessura do fruto (ESF) para a população base de *Jacaranda cuspidifolia* Mart. (POP-BAS) aos 23 anos de idade, localizada ao longo da “área de empréstimo”, em Selvíria-MS.

Estimativas	COF (cm)	LAF (cm)	ESF (cm)
$\hat{\sigma}_g^2$	0,40	0,21	0,06
$\hat{\sigma}_e^2$	0,20	0,12	0,02
$\hat{\sigma}_f^2$	0,61	0,33	0,09
$\hat{h}_g^2$	0,65±0,13	0,63±0,13	0,75±0,14
CV_g (%)	10,09	7,94	11,26
CV_e (%)	7,25	6,02	6,39
$\hat{m}$	6,28	5,83	2,34
LRT(χ^2)	207,59**	195,91**	273,75**

Nota: **: Significativo a 1% com um grau de liberdade. . $\hat{\sigma}_g^2$: variância genotípica; $\hat{\sigma}_e^2$: variância residual (ambiental+não aditiva); $\hat{\sigma}_f^2$: variância fenotípica individual; $\hat{h}_g^2$: herdabilidade individual no sentido amplo ou seja dos efeitos genotípicos totais; CV_g : coeficiente de variação genotípica; CV_e : coeficiente de variação experimental; $\hat{m}$: média geral; LRT: Teste da razão de verossimilhança; χ^2 qui-quadrado da deviance.

Fonte: Dados de pesquisa da autora, 2021.

6.1.4 Qualidade física e fisiológica das sementes

Popinigis (1977) relata que a qualidade fisiológica das sementes pode ser avaliada a partir de duas características fundamentais: a viabilidade e o vigor. Segundo ele, a viabilidade é determinada a partir de testes de germinação/emergência e tem por finalidade avaliar a máxima germinação das sementes. Já o vigor compreende uma série de características que determinam o potencial fisiológico das sementes, influenciado por fatores ambientais e pelo manejo durante a colheita e pós-colheita (VIEIRA e CARVALHO, 1994; LIMA *et al.*, 2005).

O processo de germinação é iniciado a partir da retomada de crescimento do embrião presente nas sementes, que se desenvolve até a formação de uma nova planta com plena capacidade de nutrição. Na maioria das espécies o processo germinativo ocorre quando lhes são fornecidas condições ambientais favoráveis (KRAMER e KOZLOWSKI, 1972; CARVALHO e NAKAGAWA, 2000). Conforme relatado por Kramer e Kozlowski (1972), cerca de dois terços das espécies arbóreas apresentam certo grau de dormência, sendo necessária a utilização de tratamentos pré-germinativos. Para a espécie *J. cuspidifolia*, segundo relatado por Scalón *et al.* (2006), tratamentos pré-germinativos não superaram a porcentagem de emergência, quando comparados à testemunha.

O vigor das sementes tem sido muito utilizado em programas de melhoramento para obtenção de sementes com alta qualidade, além de sua aplicabilidade em programas de conservação genética. Sua importância ganha notoriedade a partir da observação de plântulas que ao germinar apresentavam características que diferiam do padrão quanto à velocidade de crescimento e desenvolvimento (BERTI, 2013). Segundo Carvalho e Nakagawa (2000) e Marcos Filho (2005), dentre os fatores que afetam o vigor das sementes destaca-se o genótipo; fatores ambientais e nutricionais durante a produção de sementes; danos mecânicos durante a colheita e pós-colheita; ataques de microrganismos; densidade e tamanho das sementes; idade das sementes, entre outros.

Os resultados das análises para os caracteres fisiológicos das sementes e as estimativas dos parâmetros genéticos estão descritos na Tabela 4. Estes resultados foram submetidos ao teste de razão de verossimilhança (LRT) que identificou diferenças significativas para a emergência de plântulas, condutividade elétrica e a massa de 100 sementes, a 1% de significância com um grau de liberdade, entre as matrizes de *J. cuspidifolia* da POP-BAS para os caracteres fisiológicos de sementes.

A porcentagem de emergência (%E) após 40 dias de semeadura foi em média 61,43%. As primeiras plântulas foram observadas 13 dias após a instalação e corrobora com Lorenzi (2002), que descreve o início da emergência entre 12-25 dias para a espécie. Scalon *et al.* (2006) ao avaliarem o armazenamento e tratamentos pré-germinativos em sementes de *J. cuspidifolia*, observaram que testes realizados sob a mesma condição do presente estudo apresentaram emergência média de 44,6%. Segundo os autores, sementes armazenadas por 150 dias sob temperatura ambiente ou refrigeração, sem nenhum tratamento pré-germinativo, apresentam em média 76 e 90% de emergência, respectivamente, o que aponta que para melhores resultados é necessário armazenar o material sob refrigeração (12 ± 2 °C) por 150 dias. Martins *et al.* (2008) ao investigarem as características dos frutos e o sistema de colheita mais favorável à qualidade fisiológica em sementes de *J. cuspidifolia*, obtiveram %E entre 34 e 81%, em que frutos verdes apresentaram menor porcentagem de emergência quando comparados a frutos marrons, fechados ou abertos, presentes nas árvores.

A condutividade elétrica (CEL) está diretamente relacionada à integridade das membranas celulares durante a embebição. Altos valores sugerem menor vigor e a maior saída de lixiviados (açúcares, aminoácidos, ácidos graxos, proteínas, enzimas e íons orgânicos) das sementes, o que facilita a passagem de corrente elétrica, ao passo que, uma baixa condutividade indica maior vigor das sementes (VIEIRA e KRZYŻANOWSKI, 1999; MARCOS FILHO, 2005).

A média para a CEL nas sementes avaliadas foi de $41,35 \mu\text{S cm}^{-1} \text{ g}^{-1}$. Souza *et al.* (2016) obtiveram em lotes de sementes de *Jacaranda micranta* Cham. (Bignoniaceae), armazenadas por 30 dias, valores na ordem de $289,9 \mu\text{S cm}^{-1} \text{ g}^{-1}$. Já Stallbaun *et al.* (2015) ao avaliarem a condutividade elétrica, em lotes recém-colhidos, da espécie florestal e pioneira *Anadenanthera falcata* (Benth.) Speg. (Fabaceae), obtiveram valor médio de $29,43 \mu\text{S cm}^{-1} \text{ g}^{-1}$. Berti (2013) investigando a variação genética para os caracteres fisiológicos em sementes de *Myracrodruon urundeuva*, espécie considerada ortodoxa, identificou a média de $96,31 \mu\text{S cm}^{-1} \text{ g}^{-1}$ após 30 dias de armazenamento. Por fim, Canuto *et al.* (2006) ao analisar uma população natural de *Cordia trichotoma*, espécie pioneira, encontraram valor médio de $304,3 \mu\text{S cm}^{-1} \text{ g}^{-1}$. Estes resultados evidenciam que a CEL tende a variar de acordo com a espécie e que as sementes avaliadas no presente estudo apresentam baixa condutividade, atribuída à baixa taxa de lixiviação durante a embebição.

O grau de umidade (GRA) é determinado pelas condições ambientais e pelo avanço da maturação das sementes (CANUTO *et al.*, 2006). O armazenamento correto das sementes é uma forma de regular sua disponibilidade para fins de reflorestamento, recuperação de áreas degradadas e conservação genética. Sementes ortodoxas, como no caso de *J. cuspidifolia*, mantêm sua qualidade fisiológica mesmo quando armazenadas com baixos teores de água (COSTA, 2009). O presente estudo obteve valor médio para GRA de 7,47%, considerado satisfatório, já que valores baixos tendem a reduzir o processo de deterioração das sementes e preservar sua viabilidade por anos. Segundo Costa (2009), para espécies ortodoxas, armazenadas por muito tempo, o indicado é a secagem até a obtenção de teores entre 5% e 7%. Garcia *et al.* (2008) ao determinarem o grau de umidade em sementes de *Cenostigma tocantinum* Ducke (Fabaceae), também ortodoxa, encontraram valores médios entre 5,8 e 9,8% para diferentes métodos de secagem (câmara com circulação e renovação de ar; dessecador de vidro; secagem em ambiente de laboratório). Lunkes e Franco (2015) ao avaliarem o teor de água em sementes de *J. micrantha* obtiveram valor médio de 5,9%. Estes resultados evidenciam a semelhança para o GRA em espécie ortodoxas e estão em conformidade com as recomendações de Costa (2009).

Berti (2013) relata que a massa de 100 sementes é uma variável fundamental no processo de produção, pois influencia a semeadura e ajuda a prever a qualidade das sementes. Segundo Brasil (2009) este parâmetro é extremamente significativo para determinar o tamanho das sementes, assim como seu estado de maturidade e sanidade. A média para a M100 no presente estudo foi de 2,39g. Não foram observados parâmetros de comparação disponíveis na literatura, já que este valor tende a variar muito de população para população e de evento reprodutivo para

evento reprodutivo. Teles e Barreira (2018) ao investigarem a qualidade fisiológica de sementes pertencentes a espécies nativas do cerrado, observaram que a massa de 1000 sementes em uma população de *J. cuspidifolia*, localizada em Goiânia-GO, foi em média 33,33g.

A herdabilidade genotípica ($\hat{h}_g^2$) foi de 0,65 para %E; 0,91 para CEL; 0,21 para GRA e de 0,96 para M100. Estes resultados indicam alto coeficiente de herdabilidade para todos os caracteres avaliados, com exceção do GRA. Segundo Canuto *et al.* (2009), a herdabilidade indica a proporção herdável da variabilidade e quanto mais próximo a 1,00, maiores as chances de retenção das características nos descendentes. Estes autores avaliaram a variação genética de caracteres fisiológicos em sementes de *C. trichotoma* e obtiveram valores de herdabilidade de 0,97 para emergência de plântulas e de 0,92 para condutividade elétrica. Resultados semelhantes foram obtidos por Berti (2013) que ao avaliar sementes de *M. urundeuva* procedentes de uma população natural localizada em Aquidauana - MS, identificou que $\hat{h}_g^2$ variou de 0,84 a 0,99 para a CEL, M100 e %E.

A presença de variação genética pode ser confirmada e quantificada pelo cv_g , e de acordo com Resende *et al.* (1991), expressa a magnitude da variação genética para o caráter avaliado. O cv_g foi de 22,09% para %E; 30,81% para CEL; 2,15% para GRA e 18,47% para M100 (Tabela 4). Estes resultados indicam que todos os caracteres avaliados, com exceção do GRA, apresentaram altos valores, o que reforça os indicativos de que a maior parte da variação para os caracteres avaliados é de origem genética.

Segundo Pimentel Gomes e Garcia (2002), os coeficientes de variação experimental (cv_e %) que variam entre 10 e 20% podem ser considerados baixos. O maior coeficiente identificado foi para a %E (16,06%) e o menor foi para M100 (3,35%). Estes resultados ressaltam a baixa influência ambiental sobre os caracteres avaliados e uma boa qualidade experimental. Berti (2013) ao avaliar a porcentagem de emergência, condutividade elétrica e a massa de 100 sementes em uma população natural de *M. urundeuva*, obteve cv_e entre 0,45 e 5,76%.

Dado o exposto, as sementes de *J. cuspidifolia* procedentes da POP-BAS, localizada em uma área degradada do Cerrado, apresentaram valores médios satisfatórios para todos os caracteres avaliados quando comparados aos demais estudos presentes na literatura, o que indica bons padrões de qualidade fisiológica. Todos os caracteres, com exceção do GRA, apresentam altos valores para a herdabilidade genotípica ($\hat{h}_g^2$) e para o coeficiente de variação genotípica (cv_g %). Estes resultados aumentam as chances de sucesso da população analisada

frente a programas de reflorestamento e conservação genética *ex situ*, visto que, o uso de sementes com alta qualidade e significativa variação genética possibilitam o crescimento e desenvolvimento de plantas vigorosas e sadias.

Tabela 4. Estimativas dos parâmetros genéticos para os caracteres físicos e fisiológicos em sementes de *Jacaranda cuspidifolia* Mart. procedentes da POP-BAS. Teste de emergência de plântulas (%E), condutividade elétrica (CEL), grau de umidade (GRA) e Massa de 100 sementes (M100).

Estimativas	(%E)	CEL ($\mu\text{S cm}^{-1} \text{g}^{-1}$)	GRA (%)	M100 (g)
$\hat{\sigma}_g^2$	184,28	162,37	0,02	0,19
$\hat{\sigma}_e^2$	97,41	15,49	0,09	0,00
$\hat{\sigma}_f^2$	281,70	177,87	0,12	0,20
$\hat{h}_g^2$	0,65 $\pm$ 0,20	0,91 $\pm$ 0,23	0,21 $\pm$ 0,21	0,96 $\pm$ 0,24
CV_g (%)	22,09	30,81	2,15	18,47
CV_e (%)	16,06	9,52	4,17	3,35
$\hat{m}$	61,43	41,35	7,47	2,39
LRT(χ^2)	66,29**	190,63**	0,6 ^{ns}	285,37**

Nota: **: Significativo a 1% com um grau de liberdade. ns: não significativo. $\hat{\sigma}_g^2$: variância genotípica; $\hat{\sigma}_e^2$: variância residual (ambiental+não aditiva); $\hat{\sigma}_f^2$: variância fenotípica individual; $\hat{h}_g^2$: herdabilidade individual no sentido amplo ou seja dos efeitos genotípicos totais; CV_g : coeficiente de variação genotípica; CV_e : coeficiente de variação experimental; $\hat{m}$: média geral; LRT: Teste da razão de verossimilhança; χ^2 qui-quadrado da *deviance*. Fonte: Dados de pesquisa da autora, 2021.

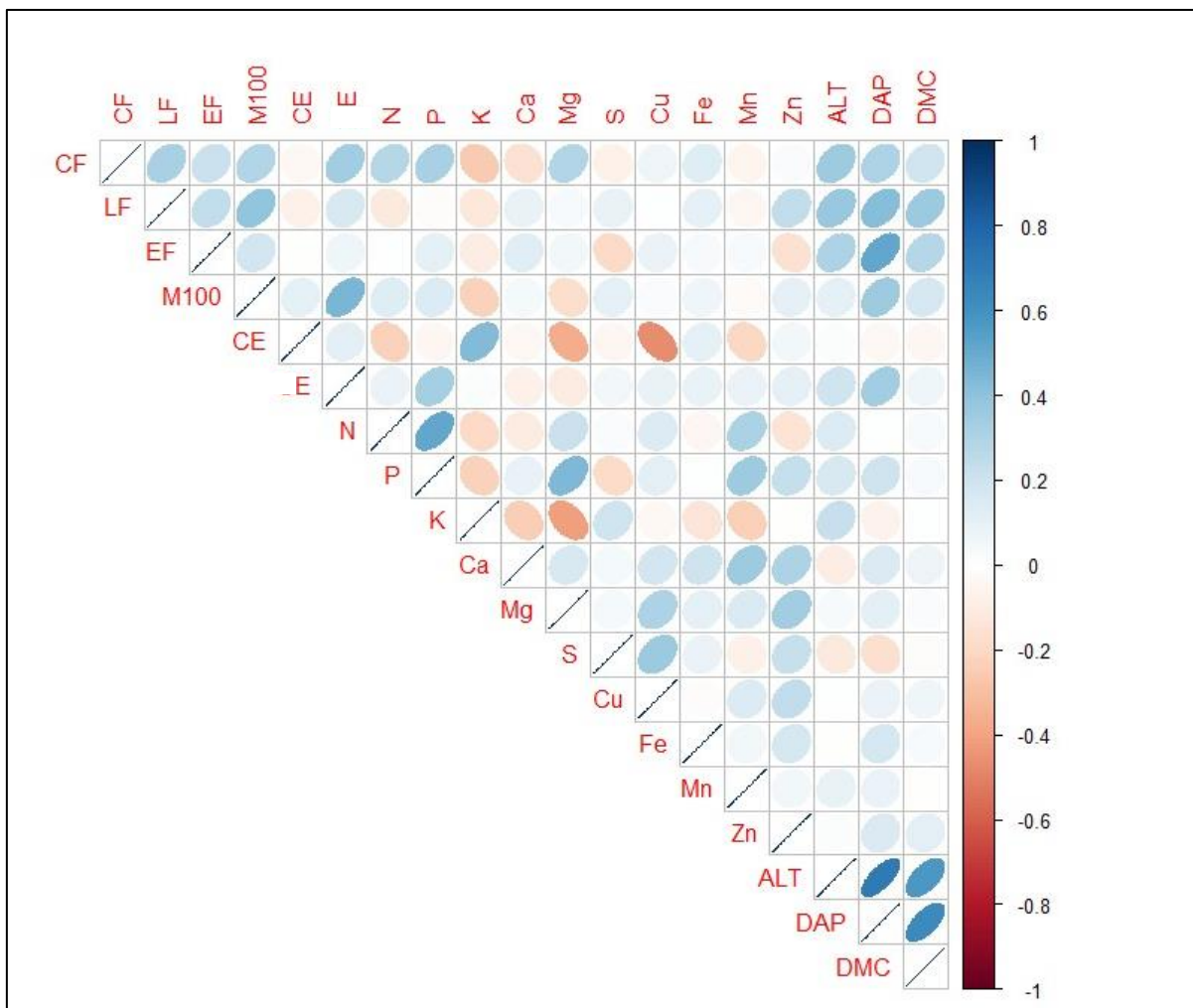
6.1.5 Análise multivariada

Os caracteres de crescimento na POP-BAS, aos 23 anos, apresentaram correlações positivas, especialmente ALT $\times$ DAP e DAP $\times$ DMC (Figura 8), indicando que as variáveis estão intimamente relacionadas e quanto maior a altura em árvores desta população, haverá consequentemente aumento no DAP. O mesmo se aplica ao DMC, que apresentará maiores valores em decorrência do aumento no DAP. Riva *et al.* (2020) observaram correlações positivas entre estes mesmos caracteres em um Pomar de Sementes por Mudanças de *Myracrodruon urundeuva*, aos 31 anos de idade na mesma região. Sato (2021) relatou resultados semelhantes em duas populações naturais de *M. urundeuva*, localizadas em regiões de cerrado, e sugeriu que estas variáveis atuam de forma dependente.

Em um contexto geral, os parâmetros relacionados a biometria dos frutos; qualidade física e fisiológica das sementes e a disponibilidade de macronutrientes nas sementes $\times$ caracteres silviculturais apresentam correlações positivas, o que indica que as árvores com maiores performances, apresentam frutos com sementes viáveis, estando ligadas principalmente a ALT e DAP. Estes resultados corroboram com as informações fornecidas por Dan *et al.* (1987) e Guedes *et al.* (2015), os quais mencionam que sementes vigorosas que apresentam bons padrões de qualidade fisiológica, originam plântulas com maior taxa de crescimento em função da maior capacidade de transformação do suprimento de reservas dos tecidos de armazenamento, o que contribui para o seu desenvolvimento e estabelecimento em campo, devido ao aproveitamento mais rápido das reservas hídricas e nutricionais do solo.

Para os macronutrientes presentes nas sementes de árvores matrizes da POP-BAS, as maiores correlações obtidas foram entre $N \times P$ e entre $P \times Mg$. Isso pode ser explicado, pois de acordo com Shuman (1994), o fósforo possui participação essencial no metabolismo do nitrogênio, ambos interagem de forma sinérgica e são fundamentais para que ocorra a síntese proteica e a ativação de inúmeras enzimas, que estão relacionadas à produção de biomassa vegetal. Sato (2021) também encontrou relações positivas entre P e Mg e atribui estes resultados à importância destes macronutrientes nas reações fotossintéticas, essenciais para a manutenção da vida da planta. Faquin (2005) relata que a função mais conhecida do Mg é de compor a molécula de clorofila e a de ativação enzimática, sendo o elemento que mais ativa enzimas, quando comparado a qualquer outro.

Figura 8. Matriz de correlação entre as variáveis: caracteres de crescimento; biometria dos frutos; qualidade física e fisiológica das sementes; e macronutrientes de sementes da POP-BAS, aos 23 anos de idade, localizada ao longo da “área de empréstimo”, em Selvíria-MS.



Nota: CF: comprimento dos frutos; LF: largura dos frutos; EF: espessura dos frutos; M100: massa de 100 sementes; CE: condutividade elétrica; E: emergência de plântulas; N: nitrogênio; P: fósforo; K: potássio; Ca: cálcio; Mg: magnésio; S: enxofre; Cu: cobre; Fe: ferro; Mn: manganês; Zn: zinco; ALT: altura; DAP: diâmetro à altura do peito; DMC: diâmetro médio de copa.

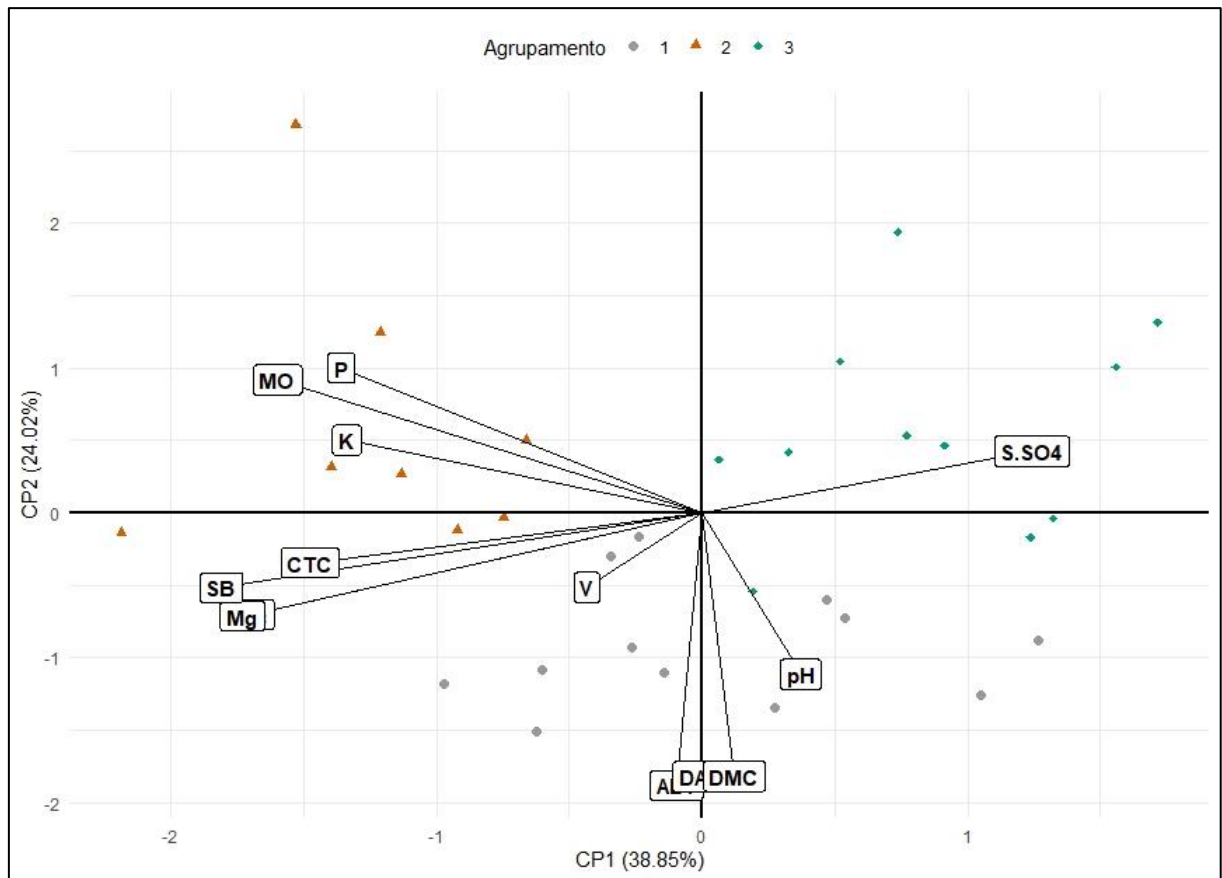
Fonte: Dados de pesquisa da autora, 2023.

O solo do local é caracterizado por elevada saturação de alumínio, baixa disponibilidade de nutrientes e matéria orgânica, e moderada capacidade de troca catiônica (CTC), típico de solos ácidos na região de Cerrado (Apêndice 1). Para verificar a relação entre o desenvolvimento das árvores matrizes com as propriedades químicas do solo foi realizada a análise de componentes principais (Figura 9). Os dois componentes principais selecionados representaram 62,87% da variância total das características analisadas, e evidencia a correlação positiva entre ALT, DAP, DMC e pH do solo. Em contrapartida este grupo de variáveis é discriminante em relação aos teores de P, K e MO, ou seja, a deficiência destes nutrientes não

limitou o crescimento da espécie. Neste caso, este foi o mecanismo que a espécie adquiriu para sobreviver e conseguir gerar descendentes em solo degradado.

Adicionalmente, com este mesmo conjunto de dados foi realizada a análise de agrupamento hierárquico com o objetivo de maximizar a homogeneidade das árvores matrizes dentro de grupos e maximizar a heterogeneidade entre os grupos, pelo método da distância Euclidiana (Figura 10). Houve diversos agrupamentos, sugerindo grande variação genética da espécie no local de estudo, confirmado na Tabela 2. É possível observar dois grandes grupos, no qual o primeiro consta as matrizes 2, 3, 4, 19, 23, 24, 25 e 26, e o segundo grupo as demais matrizes. Os indivíduos mais distantes são: 25 com 10 e 13. Estas informações são relevantes para futuros cruzamentos, nos quais, quanto maior contraste genotípico (distância), maior será a possibilidade de exploração da heterose ou vigor híbrido, para fins de melhoramento ou produção de sementes com maior qualidade genética.

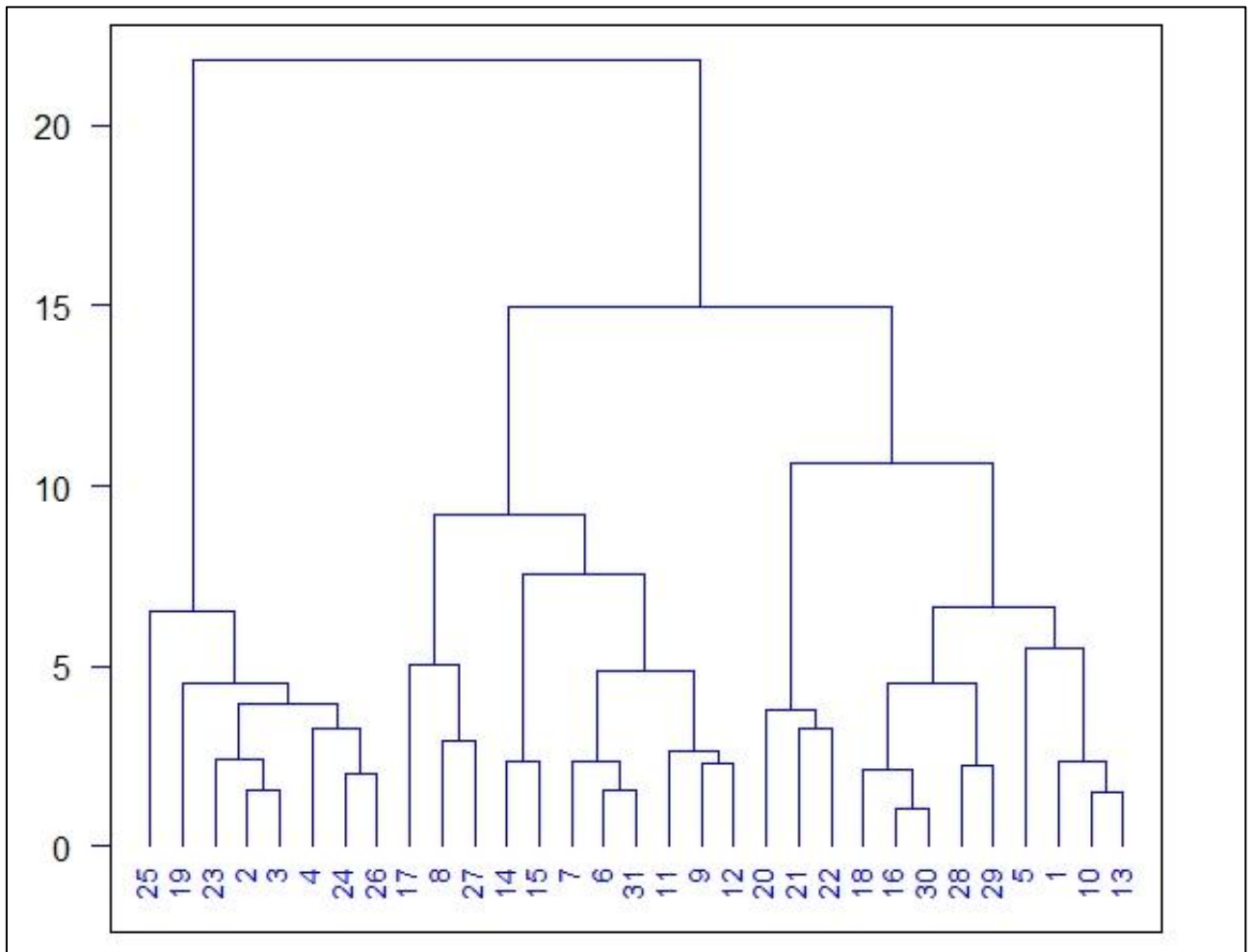
Figura 9. Componentes principais entre as variáveis: caracteres de crescimento e atributos químicos de solo da POP-BAS, aos 23 anos de idade, localizada ao longo da “área de empréstimo”, em Selvíria-MS.



Nota: P: fósforo; MO: matéria orgânica; K: potássio; S.SO4: enxofre; Ca: cálcio; Mg: magnésio; SB: soma de bases; CTC: capacidade de troca catiônica; V: saturação por bases; pH: pH; ALT: altura; DAP: diâmetro à altura do peito; DMC: diâmetro médio de copa.

Fonte: Dados de pesquisa da autora, 2023.

Figura 10. Agrupamento das matrizes da POP-BAS com base na diversidade genética expressa pela distância euclidiana média, a partir de dados originais padronizados.



Fonte: Dados de pesquisa da autora, 2023.

6.2 TESTE DE PROGÊNIES DE *Jacaranda cuspidifolia* Mart. (TP-JACA)

6.2.1 Sobrevivência e florescimento

A sobrevivência foi alta (99,11%) no TP-JACA, aos três anos de idade, em Selvíria-MS (Tabela 5). Isto indica excelente adaptação da população ao local de plantio e as condições edafoclimáticas da região, indicando que possivelmente a seleção natural eliminou os genótipos menos promissores da POP-BAS, fazendo com que somente os que apresentassem sementes vigorosas e aclimatadas às condições sobrevivessem e constituíssem a próxima geração. Aguiar (2001) observou a sobrevivência de 95% em um teste de progênies de *J. cuspidifolia* aos quatro anos de idade, na mesma região. Resultados semelhantes foram observados por Moraes *et al.* (2013) que, ao avaliarem a variação genética em progênies de *J. cuspidifolia* por meio do

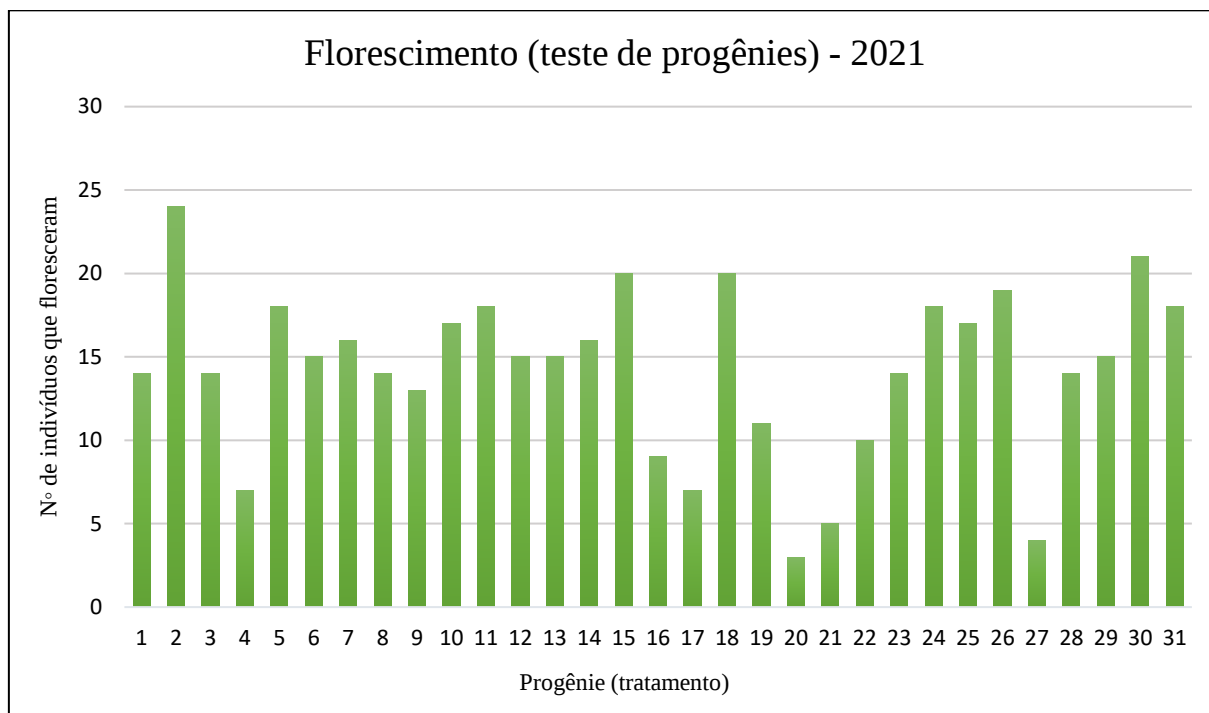
delineamento sistemático tipo “leque” aos 12 e 24 meses, identificaram a sobrevivência de 95,92% e 94,07%, respectivamente. Observa-se assim, que a sobrevivência após os três anos de plantio está dentro do esperado e encontrado na literatura para a espécie.

Aos três anos de idade, a taxa de florescimento foi de 49,05%, com um total de 441 indivíduos participantes do evento reprodutivo. O número de indivíduos de cada progênie que floresceram durante o evento reprodutivo de 2020-2021 encontra-se representado na Figura 11. A idade de florescimento é condizente com Moraes *et al.* (2013), que relataram o início de floração aos dois anos de idade para a espécie.

Todas as progênies do TP-JACA apresentaram, no mínimo, três árvores florescendo. De modo geral, a progênie 2 apresentou o maior número de indivíduos com flores (24). A melhor progênie (30), para os caracteres DAP e ALT, também contribuiu significativamente para a floração, com 21 de seus 29 membros participando do evento. Já a com menos representantes foi a progênie 20, constituída de apenas três indivíduos com flores. Aproximadamente 83,3% dos tratamentos (progênies) apresentaram mais de 10 indivíduos participantes do evento reprodutivo de 2020-2021.

Estes resultados sugerem que a variabilidade genética foi mantida durante o evento, tendo em vista que todas as progênies contribuíram com ao menos um representante. Nos próximos anos, se os padrões permanecerem semelhantes, será possível uma maior compreensão a respeito do comportamento reprodutivo desta população, o que poderá propiciar a coleta de sementes no TP-JACA para a aplicação em programas de conservação genética e restauração florestal (CORNACINI *et al.*, 2020).

Figura 11. Número de indivíduos de cada progênie que floresceram durante o evento reprodutivo de 2020-2021 no TP-JACA, localizado em Selvíria – MS.



Fonte: Dados de pesquisa da autora, 2021.

6.2.2 Caracteres de crescimento

As médias para os caracteres de crescimento silviculturais no teste de progênies de *J. cuspidifolia*, aos três anos, foram de: 6,29 m para ALT; 5,84 cm para o DAP e 3,19 m para o DMC. As progênies que apresentaram as melhores médias para ALT, foram respectivamente, a 30, 21 e 13. Já para o caráter DAP foram as progênies 30, 7 e 13.

Aguiar (2001) encontrou médias de 6,51 m para ALT; 7,31 cm para o DAP e 2,17 m para o DMC, ao avaliar progênies da espécie aos quatro anos de idade na mesma região. Moraes *et al.* (2013) ao verificarem um teste de progênies de *J. cuspidifolia*, identificaram médias de 1,26 m para ALT aos 12 meses e 3,24 m aos 24 meses. Chinellato (2011) ao avaliar a espécie pioneira *Schizolobium parahyba* (Vell.) Blake (Fabaceae), observou médias de 2,96 m para ALT e 7,5 cm para o DAP aos 20 meses. Cornacini (2016) ao estudar a mesma população de Aguiar (2001), mas aos 18 anos, observou valores médios de 10,86 para ALT; 14,34 cm para DAP e 4,79 m para o DMC. Os resultados observados na literatura se assemelham aos do presente estudo, o que expressa bom desenvolvimento aos três anos de idade e evidencia que, ao longo dos anos, a população obterá incrementos consideráveis para os caracteres analisados.

Além disso, é possível inferir que aos três anos de idade o TP-JACA superou em 71,38% a ALT da PO-BAS, aos 23 anos, e se aproximou muito aos valores encontrados para o DMC (diferença de 0,8 m). Estes resultados indicam que possivelmente a seleção natural, nas condições estressantes do local em que a POP-BAS está inserida, agiu no sentido de selecionar indivíduos com características interessantes para a utilização e aplicações comerciais.

O teste de razão de verossimilhança (LRT) apresentou valores significativos a 1% de significância para todos os caracteres de crescimento (Tabela 5). Tais resultados evidenciam a presença de diferenças genéticas entre as progênies avaliadas, o que indica a existência de variabilidade no TP-JACA para os caracteres de crescimento, e permite a sua exploração a longo prazo em programas de conservação e no fornecimento de sementes para programas de reflorestamento. É possível observar que o evento reprodutivo ocorrente na população base (POP-BAS) no ano de 2018 foi efetivo, ao permitir a recombinação genética entre os indivíduos e fornecer sementes com variação genética de maneira natural.

O CV_e foi de 15,33% para ALT; 20,25% para o DAP e 19,51% para o DMC (Tabela 5). De acordo com Chinelato (2011) e Moraes *et al.* (2013), essa influência ambiental pode ser explicada pelo fato das progênies se encontrarem em pleno desenvolvimento vegetativo, não tendo ainda se estabilizado completamente em campo. Pupin (2018) relata que, além da não estabilização em campo, a competição entre os indivíduos da mesma espécie e espécies diferentes, como no caso do presente estudo (consorciado com *M. urundeuva*), influencia o CV_e . Para Pimentel-Gomes e Garcia (2002), experimentos em que ocorre a competição de plantas, valores na ordem de 10 a 20% são considerados baixos e acima de 20% moderados.

Tabela 5. Estimativas do coeficiente de variação experimental (CV_e); média geral e teste de razão de verossimilhança (LRT), no teste de progênies de *Jacaranda cuspidifolia* Mart. (TP-JACA) aos três anos de idade, em Selvíria-MS.

Caracteres	TP-JACA		
	Média	LRT	CV_e (%)
ALT (m)	6,29	15,27**	15,33
DAP (cm)	5,84	16,56**	20,25
DMC (m)	3,19	8,59**	19,51
SOB (%)	99,11%	0,08 ^{ns}	9,78

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

Fonte: Dados de pesquisa da autora, 2022.

Apesar da elevada influência ambiental, constatada nos valores de CV_e , as estimativas foram precisas, com valores robustos de acurácia (r_{aa}^2) (Tabela 6). Este parâmetro é utilizado para evidenciar o grau de confiabilidade dos resultados obtidos, revela a correlação existente entre o valor genético verdadeiro e o índice fenotípico utilizado para estimá-lo e, segundo Resende e Duarte (2007), apresenta classes de precisão com valores na ordem de 10 a 40% considerados baixos; de 50 a 65% moderados; de 70 a 85% altos e de 90 a 99% muito altos. No geral, a acurácia foi alta para todos os caracteres avaliados (>70%), o que indica que os dados fenotípicos obtidos representam verdadeiramente os valores genotípicos.

6.2.3 Estimativas dos parâmetros genéticos

O maior valor de herdabilidade individual no sentido restrito ($\hat{h}_a^2$) foi para o DAP (0,21), seguido da ALT (0,20) (Tabela 6). Todos os intervalos foram superiores a zero, o que indica diferenças genéticas entre os indivíduos. Segundo Pupin (2018), a $\hat{h}_a^2$ quantifica a proporção aditiva da variância que poderá ser transmitida para a próxima geração, e Resende (1995) relata que valores inferiores a 0,15 são de baixa magnitude; de 0,15 a 0,50 de média magnitude e valores acima de 0,50 de alta magnitude. Deste modo, tanto a ALT quanto o DAP apresentaram valores de média magnitude, o que possibilita o delineamento de estratégias de seleção e a conservação genética *ex situ* desta população.

A herdabilidade com base em média de progênies ($\hat{h}_m^2$) foi alta para todos os caracteres avaliados: 0,53 para o DMC; 0,62 para a ALT e 0,63 para o DAP, o que indica ótimo controle genético das progênies e destaca que uma possível estratégia de seleção poderia priorizar a ALT e o DAP, com ganhos consideráveis. Segundo Ettori *et al.* (2006), os coeficientes de herdabilidade apresentam variações ao longo da vida das plantas. Por este motivo, até que ocorra o estabelecimento e equilíbrio no campo, as influências do ambiente podem ser significativas para uma maior ou menor manifestação das características de crescimento. Estas informações são confirmadas por Moraes *et al.* (2013), que ao avaliarem um teste de progênies de *J. cuspidifolia* aos 12 e 24 meses, identificaram que houve uma diminuição na $\hat{h}_m^2$ para todos os caracteres avaliados.

Os coeficientes de variação genética (CV_{gi} e CV_{gp}) variaram de 7,05 a 9,57% e de 3,52 a 4,78% respectivamente, e foram superiores para o DAP (9,57% e 4,78%) (Tabela 6). De

acordo com Sebbenn *et al.* (1998) e Aguiar *et al.* (2010), os valores referentes ao CV_{gi} foram altos (>7%) para todos os caracteres avaliados, o que indica a existência de variabilidade genética na população e permite a identificação de indivíduos superiores que poderão ser explorados em programas de conservação genética *ex situ*, em programas de reflorestamento (a partir do fornecimento de sementes com variabilidade genética) e em programas de melhoramento genético. Moraes *et al.* (2013) identificaram valores para o CV_{gi} variando de 4,9 a 10,2% aos 12 meses e de 5,1 a 11,3% aos 24 meses para os caracteres de crescimento, e indicaram que a ALT foi quem expressou maior variação. Cornacini (2016) observou que aos 18 anos de idade, a mesma espécie em um teste de progênes, apresentou valores para o CV_{gi} na ordem de 8,20 a 13,15%.

O coeficiente de variação relativa (CV_r) foi baixo para os três caracteres de crescimento avaliados no TP-JACA, aos três anos de idade (Tabela 6). Estes valores expressam o mesmo comportamento da população genitora (POP-BAS), no qual indica, novamente, a escolha do caráter DAP para realização de seleção, com o objetivo de fornecer sementes com qualidade genética para uso na conservação *ex situ* e programas de recuperação de áreas degradadas.

Tabela 6. Estimativas dos parâmetros genéticos no teste de progênes de *Jacaranda cuspidifolia* Mart. (TP-JACA) para altura total (ALT), diâmetro à altura do peito (DAP) e diâmetro médio de copa (DMC) aos três anos de idade, em Selvíria-MS.

TP-POP-JACA							
Caracteres	$\hat{h}_a^2$	$\hat{h}_m^2$	$\hat{h}_{ad}^2$	r_{aa} (%)	CV_{gi} (%)	CV_{gp} (%)	CV_r
ALT (m)	0,20	0,62	0,15	78,82	7,05	3,52	0,23
DAP (cm)	0,21	0,63	0,16	79,62	9,57	4,78	0,23
DMC (m)	0,14	0,53	0,11	73,09	7,50	3,75	0,19

Nota: $\hat{h}_a^2$ herdabilidade individual no sentido restrito; $\hat{h}_m^2$ herdabilidade com base em média de progênes; ($\hat{h}_{ad}^2$) 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 progênes; CV_r coeficiente de variação relativa.

Fonte: Dados de pesquisa da autora, 2022.

6.2.3 Análise multivariada

O método de agrupamento de Tocher baseado na distância generalizada de Mahalanobis permitiu a formação de oito grupos distintos (Tabela 7). O grupo I é o que apresentou a maior concentração de famílias, o que indica que 70,96% das progênes demonstram similaridades entre si. Segundo Canuto *et al.* (2015), a existência de diferentes grupos confirma a presença de variabilidade genética entre as progênes. E a similaridade observada pode ser devido a uma ancestralidade comum ou efeitos de ações antrópicas sobre a população (SIQUEIRA *et al.*, 1993).

Sugere-se, portanto, que a coleta de sementes dentro do TP-JACA deva ser realizada preferencialmente a partir da escolha de progênes pertencentes a grupos distintos, para que seja mantida a variabilidade genética, aumentando a possibilidade de sucesso no reflorestamento de ambientes degradados (CANUTO *et al.*, 2015; RIVA *et al.*, 2020).

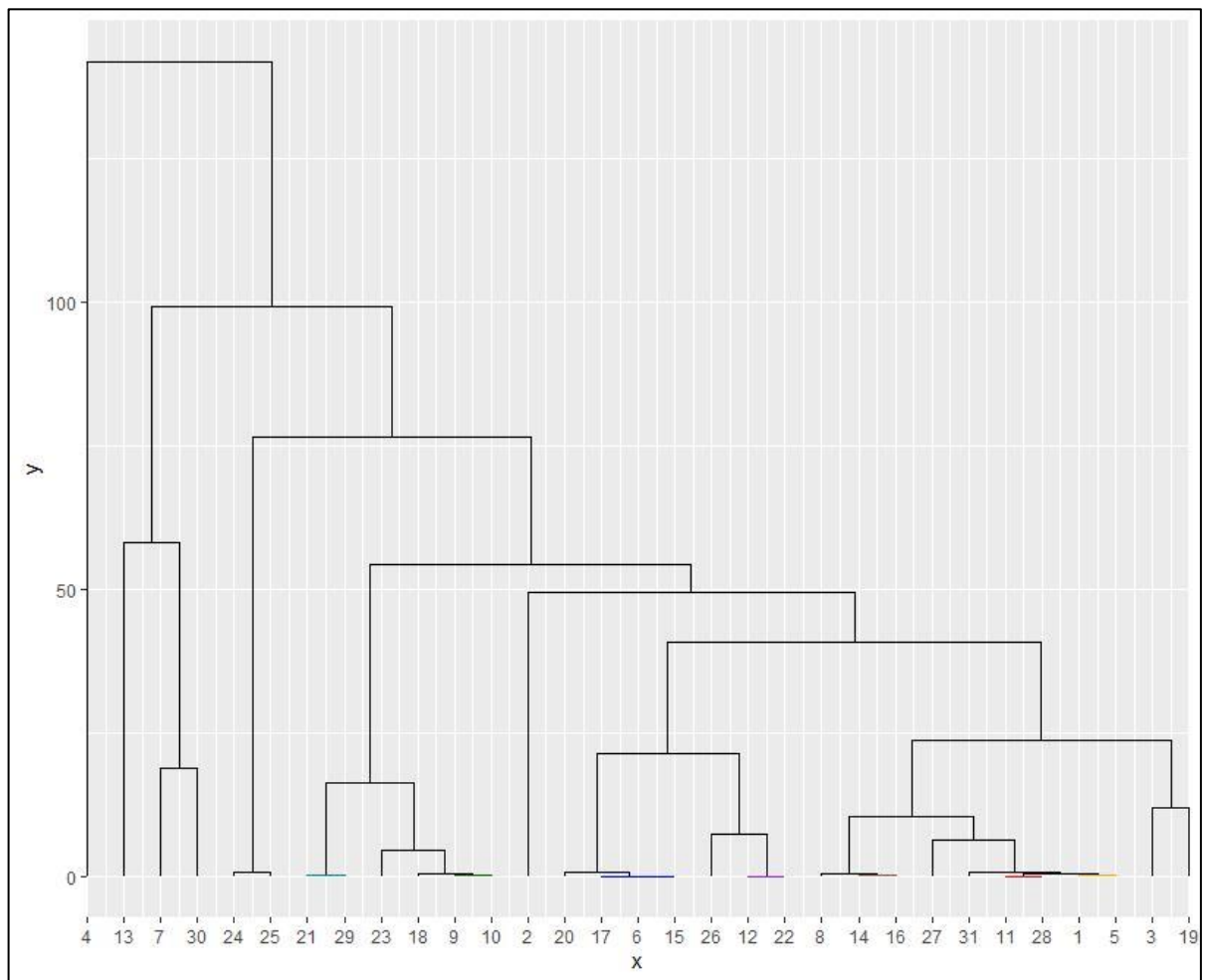
A Figura 12 foi elaborada pelo método de UPGMA (*Unweighted Pair Group Method with Arithmetic Mean*), em que o critério utilizado para a formação dos grupos é a média das distâncias entre todos os pares de itens que formam cada grupo, o que permite observar a dissimilaridade entre os genótipos por meio de fenogramas ou gráficos de dispersão (SCHEFFER-BASSO *et al.*, 2012; RIVA *et al.*, 2020).

Tabela 7. Formação de grupos com base no método de Tocher para os caracteres de crescimento no teste de progênes de *Jacaranda cuspidifolia* Mart. (TP-JACA) aos três anos de idade, em Selvíria-MS.

Grupo	Progênes	Total
I	1-3-5-6-8-9-10-11-12-14-15-16-17-18-20-22-23-26-27-28-29-31	22
II	24-25	2
III	7-30	2
IV	19	1
V	13	1
VI	21	1
VII	4	1
VIII	2	1

Fonte: Dados de pesquisa da autora, 2022.

Figura 12. Dendrograma obtido a partir do método de agrupamento Tocher para os caracteres de crescimento no TP-JACA aos três anos de idade, em Selvíria – MS.



Fonte: Dados de pesquisa da autora, 2022.

6.3 SELEÇÃO GENOTÍPICA DE *Jacaranda cuspidifolia* MART.

A partir da avaliação do caráter DAP, em ambos os locais, foi possível realizar a seleção dos 31 melhores indivíduos. Estes foram escolhidos com base do valor de CVr e a análise multivariada, no qual, ao escolher diretamente os melhores em DAP, indiretamente realiza a seleção dos melhores em ALT e DMC.

Para o TP-JACA, a seleção permitiu um ganho de 6,5%, o que corresponde a uma nova média no DAP (6,22 cm) (Tabela 8). Em contrapartida, o ganho para a POP-BAS é ligeiramente menor (5,4%), correspondendo a nova média de 9,54 cm (Tabela 9). É interessante observar que o ranqueamento das progênies do TP-JACA e das matrizes do POP-BAS são diferentes. Ao considerar o “top 10” em ambos os testes, apenas coincide as matrizes/progênies 7 e 13, ou seja, as árvores matrizes que apresentam maior DAP não produzem necessariamente descendentes com a mesma performance. Esta informação é confirmada ao realizar a seleção dos melhores indivíduos no teste de progênies, em que, dos 844 indivíduos presentes no teste, tem-se 20 indivíduos da progênie 30; 5 indivíduos da progênie 7; 3 indivíduos da progênie 13 e 2 indivíduos da progênie 21, totalizando os 31 melhores indivíduos (Apêndice 3).

O índice de seleção funciona como um caráter adicional, resultante de uma combinação de diversas características sobre as quais se deseja obter respostas à seleção (SANTOS *et al.*, 2007), permitindo melhorar diversos caracteres simultaneamente, (SMITH, 1936; HAZEL, 1943; WILLIAMS, 1962; CRUZ e REGAZZI, 2001; VILARINHO *et al.*, 2003). Embora a resposta para um determinado caráter possa ser superior àquela baseada em índice de seleção, esta resulta em genótipos com melhores padrões agrônômicos, por alcançarem níveis adequados para os caracteres, em menor tempo do que de genótipos obtidos a partir da seleção sequencial para cada caráter.

A teoria dos índices de seleção é baseada no fato de que cada indivíduo possui um valor genético global que lhes é peculiar (HAZEL e LUSH, 1942). Este valor genético corresponde ao somatório dos valores de melhoramento, associado a um número de caracteres de importância econômica, que são ponderados por valores econômicos, relativos correspondentes a cada caráter. Devido ao valor de melhoramento global de cada indivíduo ser de difícil mensuração, o valor genético não pode ser determinado, e a seleção baseia-se num valor fenotípico do indivíduo (SMITH, 1936; HAZEL, 1943; KEMPTHORNE, 1957).

No presente estudo foi utilizado o método de Mulamba e Mock (1978), no qual basearam-se na soma de “ranks” para classificar os genótipos em relação a cada caráter. A partir

desta classificação, são somados os valores de cada característica para os genótipos, resultando em um valor geral considerado como o índice de seleção (CRUZ et al; 2004). Nesse contexto, a seleção simultânea para os caracteres de crescimento de ambos os locais está apresentada na Tabela 10. É possível observar que nesta metodologia os respectivos ranqueamentos diferem com os apresentados nas Tabelas 8 e 9. Entretanto, no “top 10”, existem cinco coincidentes entre a TP-JACA e POP-BAS, sendo 7, 8, 10, 13 e 16. Dessa forma, pode-se inferir que esta metodologia é mais interessante para selecionar genótipos com potencial para futuros programas de melhoramento com o objetivo de exploração da madeira.

Nesse sentido, esse conjunto de dados permite realizar a análise de agrupamento na população base (Apêndice 4). A partir desta foi possível adquirir três grupos, nos quais o menor grupo é composto pelas matrizes 2, 3, 4, 19, 23, 24, 25 e 26. Dentro deste grupo existem três matrizes exclusivas (19, 23 e 26) que possuem correlação positiva com o teor de matéria orgânica no solo. Coincidentemente, estas matrizes exclusivas não apresentam bom desenvolvimento no ranqueamento da seleção simultânea. Desta forma, estas informações sugerem que entre as matrizes sobreviventes, as que possuem maior necessidade de teor de matéria orgânica no solo para completar seu ciclo de vida apresentaram menor desenvolvimento silvicultural em comparação com a média da população.

Tabela 8. Ranqueamento das melhores progênies com base no valor genético (BLUP) para o caráter diâmetro a altura do peito (DAP, cm), em um teste de progênies de *Jacaranda cuspidifolia* Mart. (TP-JACA) aos três anos de idade, localizado em Selvíria-MS.

Ordem	Progênies	a	Ganho	Nova Média
1	30	1,27	1,27	7,12
2	7	0,74	1,01	6,85
3	13	0,64	0,89	6,73
4	21	0,53	0,80	6,64
5	29	0,41	0,72	6,56
6	3	0,30	0,65	6,49
7	27	0,28	0,60	6,44
8	19	0,23	0,55	6,39
9	8	0,16	0,51	6,35
10	23	0,14	0,47	6,31
11	9	0,06	0,43	6,28
12	16	0,03	0,40	6,24
13	18	0,01	0,37	6,21
14	11	-0,04	0,34	6,18
15	10	-0,06	0,31	6,16
16	1	-0,08	0,29	6,13
17	28	-0,09	0,26	6,11
18	15	-0,12	0,24	6,09
19	31	-0,13	0,22	6,07
20	14	-0,13	0,20	6,05
21	5	-0,15	0,19	6,03
22	17	-0,20	0,17	6,01
23	24	-0,20	0,15	6,00
24	25	-0,24	0,13	5,98
25	6	-0,24	0,12	5,96
26	4	-0,29	0,10	5,95
27	22	-0,31	0,09	5,93
28	12	-0,44	0,07	5,91
29	20	-0,46	0,05	5,89
30	26	-0,70	0,02	5,87
31	2	-0,88	0,00	5,84
Média selecionada				6,22
Média geral				5,84

Nota: a: efeito genético aditivo predito.

Fonte: Dados de pesquisa da autora, 2023.

Tabela 9. Ranqueamento das melhores matrizes com base no valor genético (BLUP) para o caráter diâmetro a altura do peito (DAP, cm), em uma população base de *Jacaranda cuspidifolia* Mart. (POP-BAS) aos 23 anos de idade, localizada em Selvíria-MS.

Ordem	Matrizes	g	Ganho	Nova Média
1	4	1,05	1,07	10,13
2	17	0,65	0,88	9,94
3	10	0,63	0,85	9,90
4	14	0,58	0,81	9,87
5	24	0,53	0,78	9,84
6	1	0,50	0,70	9,76
7	7	0,49	0,69	9,74
8	16	0,43	0,61	9,66
9	20	0,41	0,59	9,64
10	13	0,35	0,57	9,63
11	31	0,33	0,54	9,59
12	30	0,30	0,52	9,57
13	9	0,28	0,50	9,56
14	6	0,26	0,48	9,54
15	23	0,25	0,47	9,53
16	8	0,22	0,46	9,52
17	27	0,19	0,44	9,50
18	21	0,17	0,43	9,49
19	5	0,16	0,42	9,47
20	15	0,13	0,39	9,45
21	22	0,11	0,39	9,44
22	18	0,07	0,35	9,41
23	28	0,04	0,33	9,38
24	19	-0,04	0,29	9,35
25	2	-0,04	0,29	9,34
26	11	-0,05	0,26	9,32
27	12	-0,12	0,22	9,27
28	25	-0,14	0,21	9,27
29	3	-0,15	0,21	9,26
30	26	-0,28	0,12	9,17
31	29	-0,32	0,11	9,16
Média selecionada				9,54
Média geral				9,05

Nota: g: efeito genético predito.

Fonte: Dados de pesquisa da autora, 2023.

Tabela 10. Índice de rank-médio com base nos valores genéticos (BLUP) dos caracteres: de crescimento para a população base (POP-BAS) e o teste de progênies de *Jacaranda cuspidifolia* Mart. (TP-JACA), localizados em Selvíria-MS.

Ordem	Progênies TP-JACA	Rank-médio	Ganho	Ganho (%)	Matrizes POP-BAS	Rank-médio	Ganho	Ganho (%)
1	7	5,75	5,75	178,3	4	6,25	1,41	5305,4
2	21	6,25	6,00	166,7	14	7,00	1,88	3962,3
3	8	7,00	6,33	152,6	17	12,25	4,24	1698,4
4	30	8,00	6,75	137,0	24	13,00	4,72	1513,0
5	29	9,25	7,25	120,7	10	17,5	6,33	1102,6
6	9	10,25	7,75	106,5	20	21,25	7,01	986,3
7	10	10,50	8,14	96,5	7	24,25	9,53	699,3
8	3	11,50	8,56	86,9	16	24,5	10,08	655,4
9	13	11,50	8,89	80,0	8	25,00	10,62	617,5
10	16	11,50	9,15	74,9	13	28,75	12,84	493,4
11	11	13,75	9,57	67,2	30	34,25	15,87	380,0
12	14	14,25	9,96	60,7	1	38,0	17,93	324,8
13	18	14,50	10,31	55,2	22	39,00	18,42	313,5
14	23	14,75	10,63	50,6	9	41,50	19,43	291,9
15	27	15,25	10,93	46,3	6	42,25	19,93	282,2
16	19	15,75	11,23	42,4	5	43,00	20,42	273,0
17	24	16,25	11,53	38,8	21	46,75	22,38	240,3
18	1	16,50	11,81	35,5	31	48,25	24,21	214,6
19	25	17,25	12,09	32,3	18	52,50	26,85	183,7
20	6	19,00	12,44	28,6	23	54,50	27,71	174,9
21	28	19,00	12,75	25,5	27	58,50	29,05	162,2
22	31	19,25	13,05	22,6	28	58,50	29,49	158,3
23	15	19,50	13,33	20,1	2	64,00	31,38	142,7
24	12	19,75	13,59	17,7	15	64,25	31,84	139,2
25	5	20,25	13,86	15,4	19	76,00	36,66	107,8
26	22	20,25	14,11	13,4	12	85,25	41,17	85,0
27	2	22,00	14,40	11,1	11	88,75	44,03	73,0
28	17	22,00	14,67	9,1	3	93,75	47,60	60,0
29	4	28,00	15,13	5,8	25	110,75	55,93	36,2
30	20	28,25	15,57	2,8	26	117,50	59,95	27,1
31	26	29,00	16,00	0,0	29	123,25	62,14	22,6

Fonte: Dados de pesquisa da autora, 2023.

7 CONCLUSÃO

A taxa de sobrevivência na POP-BAS, aos 23 anos, foi baixa e evidencia a expressiva influência ambiental sobre os indivíduos. No entanto, por ser a única espécie sobrevivente e capaz de se desenvolver de forma normal, ou seja, florescer, frutificar e ser capaz de perpetuar a espécie, é considerada como potencial para uso em programas de recuperação de áreas degradadas.

As estimativas dos parâmetros genéticos para a biometria dos frutos, qualidade física e fisiológica das sementes evidenciaram a presença de variação genética significativa entre as matrizes e boa viabilidade, o que permite que as árvores-matrizes possam ser acessadas para a coleta de sementes e aplicadas em programas de reflorestamento de áreas degradadas e conservação genética *ex situ*;

A seleção natural permitiu conservar a variabilidade genética na população, e a recombinação entre os indivíduos durante o evento reprodutivo de 2018-2019 foi efetiva para que esta variabilidade fosse transmitida à próxima geração, o que garantiu a formação do teste de progênies (TP-JACA).

O TP-JACA apresentou alta taxa de sobrevivência aos três anos de idade e seus indivíduos estão adaptados ao local de plantio.

Concomitantemente, é possível prever ganhos significativos a partir da seleção simultânea entre os caracteres de crescimento para POP-BAS e TP-JACA, com o objetivo de exploração de madeira. Dessa forma, este material tem potencial de uso múltiplo, tanto para exploração, quanto para produção de sementes e aplicação em projetos de reflorestamento. A variabilidade genética existente justifica a conservação genética *ex situ* de ambos os testes.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- AGUIAR, A. V. **Variação genética em progênies de *Astronium fraxinolium* Schott e *Jacaranda cuspidifolia* Mart. em consorcio**. 126 f. Dissertação (Mestrado em Agronomia) – Faculdade de Engenharia, Universidade Estadual Paulista, Ilha Solteira, 2001.
- AGUIAR, A. V., SILVA, A. M., MORAES, M. L. T., FREITAS, M. L. M., BORTOLOZZO, F. R., SILVA, F. F. Implantação de espécies nativas para recuperação de áreas degradadas em região de cerrado. **Revista Cultura Agronômica**, Ilha Solteira, v.11, n.1, p.43-51, 2002.
- AGUIAR, A. V.; SOUSA, V. A.; SHIMIZU, J. Y. Seleção genética de progênies de *Pinus greggii* para formação de pomares de sementes. **Pesquisa Florestal Brasileira**, Colombo, v. 30, p. 107-117, 2010.
- ALCANTARA, M. A. M. **Variabilidade Genotípica e Estrutura Populacional de *Astronium fraxinifolium* Schott. (Anacardiaceae) em área degradada de Cerrado**. 2019. 77f. Dissertação (Mestrado em Genética) – Instituto de Biociências, Universidade Estadual Paulista, Botucatu, 2019.
- ALVES, E. U.; ANDRADE, L. A.; BRUNO, R. L. A.; VIEIRA, R. M.; CARDOSO, E. A. Emergência e crescimento inicial de plântulas de *Peltophorum dubium* (Spreng.) Taubert sob diferentes substratos. **Ciência Agronômica**, Fortaleza, v.42, n.2, p.439-447. 2011.
- ALVES, M. C. **Recuperação do subsolo de um Latossolo Vermelho usado para terrapleno e fundação da usina hidrelétrica de Ilha Solteira – SP**. 2001. 83 f. Tese (Livre docência em Produção Vegetal) - Faculdade de Engenharia de Ilha Solteira, Universidade Estadual Paulista, Ilha Solteira, 2001.
- ALVES, M. C.; NASCIMENTO, V.; SOUZA, Z. M. Recuperação em área de empréstimo usada para construção de usina hidrelétrica. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, Campina Grande, v. 16, n. 8, p.887–893, 2012.
- ALVES, M. C.; SOUZA, Z. M. Recuperação do subsolo em área de empréstimo usada para construção de hidrelétrica. **Ciência Agronômica**, Fortaleza, v. 42, n. 2, p.301-309, 2011.
- ALVES, M. C.; SUZUKI, L. G. A. S.; SUZUKI, L. E. A. S. Densidade do solo e infiltração de água como indicadores da qualidade física de um Latossolo vermelho distrófico em recuperação. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, v. 31, n. 3, p. 617-625, 2007.
- ARAKI, D. F. **Avaliação da semeadura a lanço de espécies florestais nativas para recuperação de áreas degradadas**. 2005. 178 f. Dissertação (Mestrado em Ecologia de Agroecossistemas) – Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz”, Universidade de São Paulo, Piracicaba, 2005.
- ARRUDA, A. L. A. **Contribuição ao estudo de atividade biológica de *Jacaranda cuspidifolia* Mart. (Bignoniaceae)**. 2009. 136f. Tese (Doutorado em Ciências da Saúde) – Faculdade de Ciências da Saúde, Universidade de Brasília, Brasília, 2009.
- ARRUDA, A.L.A.; SOUZA, D.G.; VIEIRA, C.J.B.; OLIVEIRA, R.F.; PAVAN, F.R.; FUJIMURA, C.Q.L.; RESENDE, U.M.; CASTILHO, R.O. Análise fitoquímica e atividade

antimicobacteriana de extratos metanólicos de *Jacaranda cuspidifolia* Mart. (Bignoniaceae). **Revista Brasileira de Plantas Mediciniais**, Botucatu, v. 14, n.2, p.276-281, 2012.

BARBOSA, A. P.; CAMPOS, M. A. A.; SAMPAIO, P. T. B.; NAKAMURA, S.; GONÇALVES, C. Q. B. O Crescimento de duas espécies florestais pioneiras, pau-de-balsa (*Ochroma lagopus* Sw.) e caroba (*Jacaranda copaia* D. Don), usadas para recuperação de áreas degradadas pela agricultura na Amazônia Central, Brasil. **Acta Amazônica**, São Paulo, v.33, n.3, p. 477- 482, 2003.

BEECH, E.; RIVERS, M.; OLDFIELD, S.; SMITH, P. P. GlobalTreeSearch: The first complete global database of tree species and country distributions. **Journal of Sustainable Forestry**, London, v.36, n.5, p.454–489, 2017.

BERTI, C. L. F. **Variação genética para os caracteres fisiológicos, bioquímicos e nutricionais em sementes de uma população base de *Myracrodruon urundeuva* procedente de Aquidauana – MS**. 75f. Tese (doutorado em Agronomia) – Faculdade de Engenharia, Universidade Estadual Paulista, Ilha Solteira, 2013.

BOTELHO, S. A.; DAVIDE, A. C.; PRADO, N. J. S.; FONSECA, E. M. B. Implantação de mata ciliar. Companhia Energética de Minas Gerais. Belo Horizonte: **CEMIG**. Lavras/UFLA. 1995. 36p.

BRANCALION, P. H. S.; GANDOLFI, S.; RODRIGUES, R. R. Incorporação do conceito da diversidade genética na restauração ecológica. In: RODRIGUES, R. R.; BRANCALION, P. H. S.; ISERNHAGEN, I. (Org.). **Pacto para a restauração ecológica da Mata Atlântica: referencial dos conceitos e ações de restauração florestal**. São Paulo: Instituto BioAtlântica, p. 37-54, 2009.

BRASIL, Ministério da Agricultura e Reforma Agrária. Secretaria Nacional de Defesa Agropecuária. **Regras para análise de sementes**. Brasília: MAPA, 2009. 395p.

BREMMER J. N. Determination of nitrogen in soil by the Kjeldahl method. **The Journal of Agricultural Science**, Cambridge, v.55, p. 11-33, 1960.

BROADHURST, L. M.; LOWE, A.; COATES, D. J.; CUNNINGHAM, S. A.; MCDONALD, M.; VESK, P. A.; YATES, C. Seed supply for broadscale restoration: maximizing evolutionary potential. **Evolutionary Applications**, New York, v.1, n.4, p. 587–597, 2008.

BROETTO, F.; GOMES, E. R.; JOCA, T. A. C. **O estresse das plantas: Teoria e prática**. São Paulo: Cultura Acadêmica, 2017. 194p.

CABRAL, W. P.; SILVA, R. P.; SILVA, M. A.; FREITAS, D. G.; AGUIAR, D. S.; RESENDE, I. L. M.; CARVALHO, V. P. Evaluation of the performance of species in the reforestation process on the headwaters of Clemências stream, Quirinópolis (Goiás State, Brazil), from 2009 to 2010. **Brazilian Geographical Journal: Geosciences and Humanities research medium**, Uberlândia, v. 2, n. 2, p. 3, 2011.

CALGARO, H. F.; VALÉRIO FILHO, W. V.; MALTONI, K. L.; AQUINO, A. M. S. S.; CASSIOLATO, R. Adubação química e orgânica na recuperação da fertilidade de subsolo

degradado e na micorrização do *Stryphnodendron polyphyllum*. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, v.32, p.1337-1347, 2008.

CANUTO, D. S. 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, Ilha Solteira, 2009.

CANUTO, D. S. O.; MORAES, S. M. B.; SILVA, A. M.; MORAES, M. L. T.; SÁ, M. E. Composição química e variação genética de caracteres de sementes em uma população natural de *Cordia trichotoma* Vell. **Revista Cultura Agronômica**, Ilha Solteira, v. 15, n. 2, p. 82-95, 2006.

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.

CARVALHO, F. M. V.; DE MARCO, P.; FERREIRA JR., L. G. The Cerrado into-pieces: Habitat fragmentation as a function of landscape use in the savannas of central Brazil. **Biological Conservation**, Essex, v. 142, n.7 p. 1392-1403, 2009.

CARVALHO, J. E. U.; NAZARÉ, R.F.R.; OLIVEIRA, W. M. Características físicas e físico-químicas de um tipo de bacuri (*Platonia insignis* Mart.) com rendimento industrial superior. **Revista Brasileira de Fruticultura**. Cruz das Almas, v. 25, p. 326- 328, 2003.

CARVALHO, N. M.; NAKAGAWA, J. **Sementes: ciência, tecnologia e produção**. Jaboticabal: FUNEP, 2000. 588p.

CESP, Companhia Energética de São Paulo. Disponível em: <http://www.cesp.com.br/portalCesp/portal.nsf/V03.02/Empresa_UsinaIlha?OpenDocument> Governo do Estado de São Paulo, 2009. Acesso em: 30 jan. 2022.

CHINELATO, F. C. S. **Variabilidade genética em progênies de Guapuruvu *Schizolobium parahyba* (Vell.) Blake**. 55f. Dissertação (Mestrado em Ciência Florestal) – Faculdade de Ciências Agronômicas, Universidade Estadual Paulista, Botucatu, 2011.

CORNACINI, M. R. **Desbaste seletivo de um teste de procedências e progênies de *Astronium fraxinifolium* e *Jacaranda cuspidifolia* com base na variação genética de caracteres quantitativos**. 74f. Dissertação (Mestrado em Agronomia) - Faculdade de Engenharia, Universidade Estadual Paulista, Ilha Solteira, 2016.

CORNACINI, M. R.; ALCANTARA, M. A. M.; SILVA, J. R.; CORREA, A. J. M.; CAMBUIM, J.; MANOEL, R. O.; ALVES, P. F.; ROSSINI, B. C.; AGUIAR, A. V.; MORAES, M. L. T.; MARINO, C. L. Florescimento em teste de procedência e progênies de *Astronium fraxinifolium* Schott (Anacardiaceae) em três eventos reprodutivos. In: FELSEMBURGH, C. A. **A Produção do Conhecimento na Engenharia Florestal**. Ponta Grossa: Atena, 2020. Cap. 9. p. 82-91.

CORRÊA, G. C.; NAVES, R. N.; ROCHA, M. R.; CHAVES, I. J.; BORGES, J. D. Determinação físicas em frutos e sementes de baru (*Dipteryx alata* vog.), cajuzinho

(*Anacardium othonianum* Rizz) e pequi (*Caryocar brasiliense* Camb.) visando melhoramento genético. **Biosciense Journal**, Uberlândia, v. 24, n. 4, p. 42-47. 2008.

COSTA, C. J. Armazenamento e conservação de sementes do Cerrado. **EMBRAPA**, Planaltina – DF, 2009.

COSTA, M. H.; PIRES, G.F. Effects of Amazon and central Brazil deforestation scenarios on the duration of the dry season in the arc of deforestation. **International Journal of Climatology**, Oxford, v.30, n.13, p.1970-1979, 2009.

COX; P D; MOORE, C B; LADLE, R. J. **Biogeography**: an ecological and evolutionary approach. 9ed. London: Blackwell Publishing Ltd, 2016. 509 p.

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

CRUZ, C. D.; CARNEIRO, P. C. S. **Modelos biométricos aplicados ao melhoramento genético**. Viçosa: Editora UFV, v. 2, 585p. 2003.

CRUZ, C. D.; REGAZZI, A. J. Modelos biométricos aplicados ao melhoramento genético. **UFV**, 2001. 390p.

CRUZ, C. D.; REGAZZI, A. J.; CARNEIRO, P. C. S. **Modelos biométricos aplicados ao melhoramento genético**. Viçosa, UFV. 480p. 2004.

DAN, E. L.; MELLO, V. D. C.; WETZEL, C. T.; POPINIGIS, F.; ZONTA, E. P. Transferência de matéria seca como método de avaliação de vigor de sementes de soja. **Revista Brasileira de Sementes**, Brasília, v. 9, n. 2, p. 45-55, 1987.

DARWIN, C. **On the Origin of Species**. 1. ed. London: John Murray. 1859. 308p.

DOLIGEZ, A.; JOLY, H. I. Genetic diversity and spatial structure within a natural stand of a tropical tree species, *Carapa procera* (Meliaceae), in French Guiana. *Heredity* v.79, p. 72-82, 1997.

DUARTE, T. E. P. N.; LEITE, L. B. Cidades médias no Cerrado brasileiro: desafios para a conservação da biodiversidade. **Terr@Plural**, Ponta Grossa, v. 14, p. 1-7, 2020.

DUBOC, E. **Desenvolvimento inicial de espécies arbóreas nativas sob fertilização, em plantios de recuperação de áreas de cerrado degradado**. 2005. 152 f. Tese (Doutorado) - Faculdade de Ciências Agrônômicas, Universidade Estadual Paulista, Botucatu, 2005.

DUNTEMAN, G.H. **Introduction to multivariate analysis**. Beverly Hills: Sage Publications, 1984. 237p.

EMBRAPA. Centro Nacional de Pesquisa de Solos. **Manual de métodos de análise de solo**. 2.ed. rev. Rio de Janeiro, 2011. 225 p.

ENGEL, V. L.; PARROTA, J. A. Definindo a restauração ecológica: tendências e perspectivas mundiais. In: KAGEYAMA, P. Y.; Oliveira, R. E.; Moraes, L. F. D.; Engel, V. L.; Gandara, F. B. (orgs.) **Restauração ecológica de ecossistemas naturais**. FEPAF. Botucatu, SP, p. 01-26. 2003.

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

FALK, D.A.; KNAPP, E.E.; GUERRANT, E.O. **An Introduction to Restoration Genetics**. US: Society for Ecological Restoration, 2001. 32p.

FAO. Collecting woody perennials. Forest Resources Division, Forestry Department, FAO. In: GUARINO, L.; RAO, V. R.; REID, R. (eds.). **Collecting Plant Genetic Diversity: Technical Guidelines**. Wallingford: CAB International, p. 485- 509. 1995.

FAQUIN, V. Nutrição mineral de plantas. Lavras: ed. **UFLA /FAEPE**. 2005. 186 p.

FARIAS-SINGER, R. *Jacaranda* in **Flora e Funga do Brasil**. Jardim Botânico do Rio de Janeiro, 2020. Disponível em: <<https://floradobrasil.jbrj.gov.br/FB114124>>. Data de acesso: 09 fev. 2023.

FONTENELE, A. C. F.; ARAGÃO, W. M.; RANGEL, J. H. A. Biometria de frutos e sementes de *Desmanthus virgatus* (L.) Willd nativas de Sergipe. **Revista Brasileira de Biociências**, Porto Alegre, v. 5, p. 252-254, 2007.

FOSTER, R. B. Ciclo estacional de caída de frutos en la isla de Barro Colorado. In: LEIGHT, E. G.; RAND, A. S.; WINDSOR, D. M. (Ed.). **Ecologia de um bosque tropical: ciclos estacionales y cambios a largo prazo**. Balboa: Smithsonian Institution, 1990. p. 219-241.

FRANKHAM, R.; BALLOU, J. D.; BRISCOE, D. A. **Fundamentos de genética da conservação**. Ribeirão Preto: Sociedade Brasileira de Genética, 2008. 262p.

FUCHS, E.J.; LOBO, J.A.; QUESADA, M. Effects of Forest Fragmentation and Flowering Phenology on the Reproductive Success and Mating Patterns of the Tropical Dry Forest Tree *Pachira quinata*. **Conservation Biology**, Washington, v. 17, n. 1, p. 149–157, 2003.

GACHET, M. S.; SCHUHLY, W. *Jacaranda* – An ethnopharmacological and phytochemical review. **Journal of Ethnopharmacology**, Limerick, v. 121, n.1, p. 14-27, 2009.

GARCIA, L.C.; MORAES, R.P.; LIMA, R.M.B. Determinação do grau crítico de umidade em sementes de *Cenostigma tocantinum* Ducke. **Revista Brasileira de Sementes**, Lavras, v.30, n.3, p.172-176, 2008.

GIULIETTI, A. M.; HARLEY, R. M.; QUEIROZ, L. P.; WANDERLEY, M. D. G. L.; BERG, C. V. D. Biodiversidade e conservação das plantas no Brasil. **Megadiversidade**, Caravelas, v. 1, n. 1, 11p., 2005.

GUEDES, R. S.; ALVES, E. U.; SANTOS-MOURA, S. S.; GALINDO, E. A. Teste de comprimento de plântula na avaliação da qualidade fisiológica de sementes de *Amburana cearensis* (Allemão) A.C. Smith. **Semina: Ciências Agrárias**, Londrina, v. 36, n. 4, p. 2373-2381, 2015.

GUREVITCH J.; SCHEINER S. M.; FOX G. A. Ecologia vegetal. 2. ed. Porto Alegre: ed. **Artmed**, 2009. 573p.

GURGEL, E. S. C.; SANTOS, J. U. M. D.; CARVALHO, A. C. M.; BASTOS, M. D. N. D. C. *Caranda Copaia Jacaranda Copaia* (Aubl.) D. Don. Subsp. *Spectabilis* (Mart. Ex Art. Ex A. DC) Gentry (Bignoniaceae): Aspectos Morfológicos do Fruto, Semente, Germinação e Plântula. Emílio Goeldi. **Ciências Naturais**, Belém, v. 1, n. 2, p. 113-120, 2006.

GUSMÃO, E.; VIEIRA, F. A.; FONSECA, E. M. J. Biometria de frutos e endocarpos de murici (*Byrsonima verbascifolia* Rich. ex A. Juss.). **Cerne**, Lavras, v. 12, n. 1, p. 84–91, 2006.

HARTL, D. L.; CLARK, A. G. **Princípios de Genética de Populações**. 4. ed. Porto Alegre: Artmed, 2010. 660 p.

HAZEL, L. N. The genetic basis for constructing selection indexes. **Genetics**, Austin, v. 28, n. 6, p. 476-490, 1943.

HAZEL, L. N.; LUSH, J. L. The efficiency of three methods of selection. **The Journal of heredity**, Edinburgh, v. 33, p. 393-399, 1942.

HEDRICK, P. W. **Genetics of populations**. Sudbury: Jones and Bartlett Publishers, 1999. 522p.

HOBBS, R. J. Foreword. In: FALK, D. A.; PALMER, M. A.; ZEDLER, J. B. (eds.). **Foundations of Restoration Ecology**. Washington: Island Press, 2006. 379p.

HOMEM, M. N. G. **Padrões fenológicos em ecossistemas em processo de restauração e em fragmento florestal vizinho**. Dissertação (Mestrado em Ciência Florestal) – Faculdade de Ciências Agrônômicas, Universidade Estadual Paulista, Botucatu-SP. 113p. 2011.

HUFFORD, K. M.; MAZER, S. J. Plant ecotypes: genetic differentiation in the age of ecological restoration. **Trends in Ecology and Evolution**, Cambridge, v.18, p.147-155, 2003.

IVETIC, V.; DEVETAKOVIC, J. Reforestation challenges in Southeast Europe facing climate change. **Reforesta**, Belgrade, n.1, p.178–220, 2016.

KAGEYAMA, P. Y.; GANDARA, F. B. Resultados do programa de restauração com espécies arbóreas nativas do convênio ESALQ/USP e CESP. In: GALVÃO, A. P. M.; PORFÍRIO-DASILVA, V. (eds.). **Restauração Florestal: Fundamentos e Estudos de Caso**. Colombo, PR: Embrapa, p.47-58. 2005.

KAGEYAMA, P. Y.; GANDARA, F. B. Revegetação de Áreas Ciliares. In: RODRIGUES, R. R.; LEITÃO FILHO, H. F. (eds.). **Matas Ciliares: Conservação e Recuperação**. São Paulo, SP: Ed. USP/FAPESP, p.249-269, 2000.

KAGEYAMA, P. Y.; GANDARA, F. B.; SOUZA, L. M. I. Consequências genéticas da fragmentação sobre populações de espécies arbóreas. **Série Técnica IPEF**, Piracicaba, v.12, n.32, p.65-70, 1998.

KEMPTHORNE, O. An introduction to genetic statistics. New York: **John Wiley and Sons**, 1957.

KERR, W. E.; S. WRIGHT. 1954. Experimental studies of the distribution of gene frequencies in very small populations of *Drosophila melanogaster*: I. forked. **Evolution**, Lancaster, p.172-177, 1954.

KÖPPEN, W. **Grundriss der Klimakunde**. Berlin: Walter de Gruyter, 1931. 390p.

KRAMER, P. J.; KOSLOWSKI, T. T. **Fisiologia das árvores**. Lisboa: Fundação Calouste Gulbenkian, 1972. 745p.

LEWONTIN, R. C. **Genetic Basis of Evolutionary Change**. Columbia University Press, New York, 1974. 346p.

LIMA, M. G. S.; LOPES, N. F.; MORAES, D. M.; ABREU, C. M. Qualidade fisiológica de sementes de arroz submetidas a estresse salino. **Revista Brasileira de Sementes**, Londrina, v.27, n.1, p.54-61, 2005.

LIMA, N. E.; SOBREIRO, M. B.; VIEIRA, L. D.; COLLEVATI, R. G. Atuação da seleção natural em populações: modelo didático para estudo de evolução. **Genética na Escola**, São Paulo, v. 15, n. 1, p. 54-65, 2020.

LIMA, R. N.; NEVES, J. A. S.; OLIVEIRA, F. S.; SOUZA, C. J.; ALMEIDA, E. F. Biometria, teor de umidade e curva de embebição de frutos e sementes de *Jacaranda brasiliana* (Lam.) Pers. **Agroforestalis News**, Aracaju, v.3, n.2, p. 52-58, 2018.

LOPES, A. W.P.; SÁ, M. E. Doses e épocas da adubação nitrogenada e poda apical na produção e qualidade das sementes de quiabeiro. **Cultura Agrônômica**, Ilha Solteira, v. 17, p. 51-56, 2009.

LORENZI, H. **Árvores brasileiras: manual de identificação e cultivo de plantas arbóreas do Brasil**. Nova Odessa: Instituto Plantarum, 2002. 54p.

LUNKES, A. M. Z.; FRANCO, E. T. H. Aspectos da germinação de *Helietta apiculata* Benth. e *Jacaranda micrantha* Cham. **Caderno de Pesquisa**, Santa Cruz do Sul, v. 27, n. 3, p. 21-30, 2015.

LUZ, K. C. **Variação genética entre e dentro de populações de *Dipteryx alata* vog. para caracteres morfo-métricos de plântulas, frutos e sementes**. 2016. 64f. Dissertação (Mestrado em Sistemas de Produção) - Faculdade de Engenharia de Ilha Solteira, Universidade Estadual Paulista, Ilha Solteira, 2016.

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

MARCOS FILHO J. **Fisiologia de sementes de plantas cultivadas**. Piracicaba: FEALQ, 2005. 495p.

MARTINS, C. C.; BELISSÁRIO, L.; TOMAZ, C. A.; ZUCARELI, C. Condições climáticas, características do fruto e sistema de colheita na qualidade fisiológica de sementes de jacarandá. **Revista Árvore**, Viçosa, v. 32, n. 4, p. 627-632, 2008.

MARTINS, S.V. **Recuperação de matas ciliares**. Viçosa: Aprenda Fácil, 2001. 149p.

MASTELIN, S. M.; LIMA, I. L.; ZANON, B. R.; LONGUI, E. L. FLORSHEIM, S. M. B. **Densidade básica e dimensões celulares da madeira de *Balfourodendron riedelianum* em função da procedência e variação radial**. São Paulo: Instituto Florestal, p. 23-29. 2010.

MATOSAK, B. M.; FONSECA, L. M. G.; TAQUARY, E. C.; MARETTO, R. V.; BENDINI, H. D. N.; ADAMI, M. Mapping Deforestation in Cerrado Based on Hybrid Deep Learning Architecture and Medium Spatial Resolution Satellite Time Series. **Remote Sensing**, New York, v.14, n.1, p.209, 2022.

MENDES, N. A. S. **As usinas hidrelétricas e seus impactos: os aspectos socioambientais e econômicos do Reassentamento Rural de Rosana – Euclides da Cunha Paulista**. 2005. 222f. Dissertação (Mestrado em Geografia) – Faculdade de Ciências e Tecnologia, Universidade Estadual Paulista, Presidente Prudente, 2005.

MINISTÉRIO DO MEIO AMBIENTE - MMA. **O Bioma Cerrado**. 2020. Disponível em: <https://www.mma.gov.br/biomas/cerrado.html>. Acesso em: 25 de jan. 2022.

MORAES, M. A.; MORAES, S. M. B.; SILVA E. C. B.; KUBOTA T. Y. K.; SILVA A. M.; RESENDE M. D. V.; MORAES M. L. T. Variação genética em progênies de *Jacaranda cuspidifolia* Mart. utilizando o delineamento sistemático tipo “leque”. **Scientia Forestalis**, Piracicaba, v. 41, n. 98, p. 175-83, 2013.

MORAIS, R. F.; VALENTINI, C. M. A.; CORRÊA, B. M. B. Composição florística e características estruturais e ecológicas da vegetação de um fragmento revegetado de Cerrado em área urbana no município de Cuiabá-MT. In: 141 **Revista Internacional de Ciências**, v.5 n.2, 2015. DOI: 10.12957/ric.2015.19581. Múltiplos olhares sobre a biodiversidade. Volume III. Pasa, M. C. (org) Paco Editorial, p. 185-204. 2014.

MULAMBA, N.N.; MOCK, J.J. Improvement of yield potential of the Eto Blanco maize (*Zea mays* L.) population by breeding for plant traits. *Egyptian Journal of Genetics and Cytology*, v.7, p.40-57, 1978.

MYERS, N.; MITTERMEIER, R. A.; MITTERMEIER, C. G.; FONSECA, G. A. B.; KENT, J. Biodiversity hotspots for conservation priorities. **Nature**, Londres, v. 403, n. 6772, p. 853-858, 2000.

NAKAGAWA, J. Testes de vigor baseados no desempenho de plântulas. In: KRZYZANOWSKI, F.C.; Vieira, R.D.; FRANÇA NETO, J.B. (Eds.) **Vigor de sementes: conceitos e testes**. Londrina: ABRATES, v.1, p.1-24. 1999.

OTSUBO, H. C. B.; MORAES, M. L. T.; MORAES, M. A.; JOSÉ NETO, M.; FREITAS, M. L. M.; COSTA, R. B.; RESENDE, M. D. V.; SEBBENN, A. M. Variação genética para caracteres silviculturais em três espécies arbóreas da região do bolsão sul-mato-grossense. **Cerne**, Lavras, v. 21 n. 4, p. 535-544. 2015.

PAOLI, A. A. S.; BIANCONI, A. Caracterização morfológica de frutos, sementes e plântulas de *Pseudima frutescens* (Aubl.) Radlk. (Sapindaceae). **Revista Brasileira de Sementes**, Londrina, v. 30, n. 2, p. 146-155, 2008.

PAPARELLI, A.; HENKES, J. A. Devastação da cobertura vegetal nativa no bioma cerrado do Distrito Federal caracterizando a extinção de espécies da flora. **Revista Gestão & Sustentabilidade Ambiental**, Florianópolis, v. 1, n. 2, p. 241, 2012.

PAULETTI, P. M.; BOLZANI, V. S.; YOUNG, M. C. M. Chemical constituents of *Arrabidaea samydoides* (Bignoniaceae). **Química Nova**, São Paulo, p.641-3. 2003.

PEREIRA, L. C. S. M. **Estudos genéticos de jatobá (*Hymenaea courbaril* L.) em área natural e restauração florestal com espécies nativas**. 2017. 84f. Tese (Doutorado em Conservação de Ecossistemas Florestais) – Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz”, Universidade de São Paulo, Piracicaba, 2017.

PEREIRA, M. F.; VALVA, F. D. A.; COELHO, A. S. G.; AGUIAR, A. V.; ZUCCHI, M. I. Estrutura genética de populações de espécies arbóreas nativas do cerrado encontradas em terrenos serpentínicos. **Pesquisa Agropecuária Tropical**, Goiânia, v.34, n.2, p.75-82, 2004.

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

PIÑA-RODRIGUES, F.C.M.; FIGLIOLIA, M.B.; SILVA, A. **Sementes florestais tropicais: da ecologia à produção**. Londrina: ABRATES, 2015. 477p.

POPINIGIS, F. **Fisiologia da semente**. Brasília: AGIPLAN, 1977. 289p.

POUYET, F.; AESCHBACHER, S.; THIÉRY, A.; EXCOFFIER, L. Background selection and biased gene conversion affect more than 95% of the human genome and bias demographic inferences. **Elife**, Cambridge, v. 7, p. 1-21, 2018.

PRIMACK, R. B.; RODRIGUES, E. **Biologia da conservação**. Ed. Rodrigues, 2001. 327p.

PUPIN, S. **Diversidade genética, sistema de reprodução e parentesco em progênies de *Eucalyptus urophylla* S.T Blake**. 143f. Tese (Doutorado em Agronomia) – Faculdade de Engenharia, Universidade Estadual Paulista, Ilha Solteira, 2018.

PUPIN, S.; FREITAS, M. L. M.; CANUTO, D. S. O.; SILVA, A. M.; MARIN, A. L. A.; MORAES, M. L. T. Variabilidade genética e ganhos de seleção em progênies de *Myracrodruon urundeuva* Fr. All. **Nativa**, Sinop, v. 5, n. 1, p.59-65, 2017.

RAIJ, B. van.; QUAGGIO, J. A. Determinação de fósforo, cálcio, magnésio e potássio extraídos com resina trocadora de íons. In: RAIJ, B.van.; ANDRADE, J.C.; CANTARELLA, H. & QUAGGIO, J.A., eds. Análises químicas para avaliação da fertilidade de solos tropicais. Campinas, **Instituto Agrônomo**, p.189-199.2001.

RAMALHO, M. A. P.; SANTOS, J. B.; PINTO, C. A. B. P.; SOUZA, E. A.; GONÇALVES, F. M. A.; SOUZA, J. C. **Genética na Agropecuária**. 5. ed. Lavras: Ed. UFLA, 2012. 566 p.

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. Delineamento de experimentos de seleção para maximização da acurácia seletiva e do progresso genético. **Revista Árvore**, Viçosa, v. 19, n. 4, p. 479-500, 1995.

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

RESENDE, M. D. V. Matemática e estatística na análise de experimento e no melhoramento genético. Colombo: **Embrapa Florestas**, 362p. 2007b.

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

RESENDE, M. D. V. Software Selegen-REML/BLUP: a useful tool for plant breeding. **Crop Breeding and Applied Biotechnology**, Ribeirão Preto, v. 16, n.4, p. 330-339, 2016.

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.

RIBEIRO, R. A.; RODRIGUES, F. M. Genética da conservação em espécies vegetais do Cerrado. **Ciências Médicas e Biológicas**, Salvador, v. 5, n. 3, p. 253-260, 2006.

RICE, K. J.; EMERY, N. C. Managing microevolution: Restoration in the face of global change. **Frontiers in Ecology**, Washington, v.1, n.9, p.469-478. 2003.

RIVA L. C.; MORAES M. A.; CAMBUIM J.; ZULIAN D. F.; SATO L. M.; CALDEIRA F. A.; PANOSSO A. R.; MORAES M. L. T. Genetic control of wood quality of *Myracrodruon urundeuva* populations under anthropogenic disturbance. **Crop Breeding and Applied Biotechnology**, Guilford, v.20, n.4, p. 1-8, 2020.

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

ROCHA, G. F.; FERREIRA, L. G.; FERREIRA, N. C.; FERREIRA, M. E. Detecção de desmatamentos no bioma Cerrado entre 2002 e 2009: Padrões, tendências e impactos. **Revista Brasileira de Cartografia**, Rio de Janeiro, n.63, v.03, p.341-349, 2011.

RODRIGUES, G. B.; MALTONI, K. L.; CASSIOLATO, A. M. R. Dinâmica da regeneração do subsolo de áreas degradadas dentro do Bioma Cerrado. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, Campina Grande, v.11, n.1, p.73-80, 2007.

RODRIGUES, R. R.; GANDOLFI S.; NAVE. A. G.; ARAKI, D. F. **Programa de adequação ambiental das propriedades rurais da fundação Sinhá Junqueira**. Piracicaba: LERF/ESALQ/USP, (Relatório técnico ambiental), 2003. 110p.

RODRIGUES, R. R.; GANDOLFI S.; NAVE, A. G.; FARAH, F. T.; NOVAES, E.; PIROMAL, R. A. S.; ARAKI, D. F.; BUFO, L. V. B. **Programa de adequação ambiental das propriedades rurais da Cia. Açucareira Vale do Rosário Fase II**. Piracicaba: LERF/ESALQ/USP, (Relatório técnico ambiental), 2002. 110p.

SALAS, A. The natural selection that shapes our genomes. **Elsevier**, Amsterdam, v. 39, p. 57-60, 2019.

SANGALLI, A. **Morfometria, Crescimento e Produção de *Jacaranda decurrens* Cham. Ssp. *Symmetrifoliolata* Farias e Proença (Bignoniaceae)**. 73f. Tese (Doutorado em Agronomia) – Universidade Federal da Grande Dourados, Dourados, 2008.

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

SANTANA, C. A. A.; SILVA, V. G.; SILVA, A. T. **Manual de Identificação de Mudanças de Espécies Florestais**. Secretaria Municipal de Meio Ambiente, Rio de Janeiro, 2ed., 2016. 122p.

SANTOS, H. G.; JACOMINE, P. K. T.; ANJOS, L. H. C.; OLIVEIRA, V. A.; LUMBRERAS, J. F.; COELHO, M. R.; ALMEIDA, J. A.; ARAUJO FILHO, J. C.; OLIVEIRA, J. B.; CUNHA, T. J. F. **Sistema brasileiro de classificação de solos**. 5 ed. Brasília, DF: Embrapa, 353p., 2018.

SANTOS, H. L. L. R. **Prospecção fitoquímica da madeira de espécies nativas de diferentes estágios sucessionais**. 2017. 45f. Monografia (Trabalho de Conclusão de Curso) – Instituto de Florestas, Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro, Seropédica, 2017.

SATO, L. M. **Variabilidade e diversidade genética de populações naturais e conservadas *ex situ* de *Myracrodruon urundeuva* (aroeira)**. 2021. 137 f. Tese (Doutorado em Agronomia) - Faculdade de Engenharia, Universidade Estadual Paulista, Ilha Solteira, 2021.

SCALON, S. P. Q.; MUSSURY, R. M.; FILHO, H. S.; FRANCELINO, C. S. F.; KATIUCE, A. F. D. Armazenamento e tratamento pré-germinativos em sementes de Jacarandá (*Jacaranda cuspidifolia* Mart.). **Revista Árvore**, Viçosa, v.30, n.2, p.179-185, 2006.

SCHEFFER-BASSO, S. M.; ORSATO, J.; MORO, G. V.; ALBUQUERQUE, A. C. S. Divergência genética em germoplasma de aveias silvestres com base em caracteres multicategóricos e quantitativos. **Revista Ceres**, Viçosa, MG, v. 59, n. 5, p. 654-667, 2012.

SEBBENN, A. M. Número de árvores matrizes e conceitos genéticos na coleta de sementes para reflorestamentos com espécies nativas. **Revista do Instituto Florestal**, São Paulo, v. 14, n. 2, p. 115-132, 2002.

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

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

SEBBENN, A. M.; SEOANE, C. E. S.; KAGEYAMA, P. Y.; VENCovsky, R. Efeitos do manejo na estrutura genética de populações de caixeta (*Tabebuia cassinoides*). **Scientia Forestalis**, Piracicaba, v. 1, n. 58, p. 127-143, 2000.

SEBBENN, A. M.; SIQUEIRA, A. C. M. F.; KAGEYAMA, P. Y.; MACHADO, J. A. R. Parâmetros genéticos na conservação da cabreúva – *Myroxylon peruiferum* L.F. Allemão. **Scientia Forestalis**, Piracicaba, n.53, p.31-38, 1998.

SHUMAN, L.M. Mineral nutrition. In: WILKINSON, R.E., ed. Plant-environment interactions, New York, **Marcel Dekker**, p. 149-182, 1994.

SILVA, F. C. (Org.). **Manual de análise química de solos, plantas e fertilizantes**. Brasília, DF: Embrapa Comunicação para Transferência de Tecnologia, 1999. 370 p.

SILVA, M. T.; SANTOS, C. M. D. Uma análise histórica sobre a seleção natural: de Darwin-Wallace à síntese estendida da Evolução. **Amazônia: Revista de Educação em Ciências e Matemática**, Belém, v. 11, n. 22, p. 46-61, 2015.

SIQUEIRA, C. M. F.; NOGUEIRA, J. C. B.; KAGEYAMA, P. Y. Conservação dos recursos genéticos *ex situ* do cumbaru *Dipteryx alata* Vog. – Leguminosae. **Revista do Instituto Florestal**, São Paulo, v.5, p.231-243, 1993.

SMITH, H. F. A discriminant function for plant selection. **Annals of Eugenics**, London, v. 7, n. 3, p. 240-250, 1936.

SOUZA, G. F.; GARLET, J.; DELAZERI, P. Teste de condutividade elétrica em sementes de *Jacaranda micranta*. **Pesquisa Florestal Brasileira**, Colombo, v.36, n.85, p.79-83, 2016.

STALLBAUN, P. H.; SOUZA, P. A.; MARTINS, R. C. C.; MATOS, J. M. M.; MOURA, T. M. Testes rápidos de vigor para avaliação da viabilidade de sementes de *Anadenanthera falcata*. **Enciclopédia Biosfera**, Jandaia, v.11, n.21, p.1834-1846, 2015.

STEPHENSON, A. G. When does outcrossing occur in a mass-flowering plant? **Evolution**, Lancaster, v.36, p.762-767. 1982.

TELES, T.; BARREIRA, S. Avaliação fisiológica de sementes visando projetos de restauração ecológica com semeadura direta de espécies nativas do cerrado. **Enciclopédia Biosfera**, Jandaia, v. 15, n. 27, p. 192-199, 2018.

UNIVERSIDADE ESTADUAL PAULISTA “Júlio de Mesquita Filho” – UNESP. **Histórico**. Disponível em: <<http://www.feis.unesp.br/#!/instituicao/historico>>. Governo do Estado de São Paulo, 2017. Data de acesso: 20 de jan. 2022.

UNIVERSIDADE ESTADUAL PAULISTA “Júlio de Mesquita Filho” – UNESP. Área de Hidráulica e Irrigação. **Canal Clima**. 2021. Disponível em: <http://clima.feis.unesp.br>. Data de acesso: 30 jan. de 2021.

VALENTINI, C. M. A.; ABREU, J. G.; FARIA, R. A. P. G. Respiração do solo como bioindicador em áreas degradadas. **Revista Internacional de Ciências**, Rio de Janeiro, v. 5, n. 2, p. 127-142, 2015.

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

VIEIRA, R. D.; KRZYZANOWSKI, F. C. Teste de condutividade elétrica. In: KRZYZANOWSKI, F. C. H.; VIEIRA, R. D.; FRANÇA NETO, J. B. (ed.). **Vigor de sementes: conceitos e testes**. Londrina: ABRATES, v.1, p.1-26, 1999.

VIEIRA, R.D.; CARVALHO, N.M. **Testes de vigor em sementes**. Jaboticabal: FUNEP, 1994. 164p.

VILARINHO, A. A.; VIANA, J. M. S.; CÂMARA, T. M. M.; SANTOS, J. F. Seleção de progênies endogâmicas S1 e S2 em um programa de melhoramento intrapopulacional de milho pipoca. **Acta Scientiarum**, Maringá, v. 24, n. 5, p. 1419- 1425. 2003.

WILLIAMS, J. S. The evaluation of a selection index. **Biometrics**, North Carolina, v. 18, p. 375-393, 1962.

ZARUMA, D. U. G.; CANUTO, D. S. O.; PUPIN, S.; CAMBUIM, J.; SILVA, A. M.; MORI, E. S.; SEBBENN, A. M.; MORAES, M. L. T. Variabilidade genética em procedências e progênies de *Dipteryx alata* vogel para fins de conservação genética e produção de sementes. **Scientia Forestalis**, Piracicaba, v. 43, n. 107, p. 609-615, 2015.

ZUFFO, A. M.; ANDRADE, F. R.; ZUFFO, J. M. J. Caracterização biométrica de frutos e sementes de baru (*Dipteryx alata* Vog.) na região leste de Mato Grosso, Brasil. **Revista de Ciências Agrárias**, Fortaleza, v. 37, n. 4, p. 463-471. 2014.

ANEXOS

Anexo 1. Croqui do Teste de progênies de *Jacaranda cuspidifolia* Mart. (TP-JACA), em Selvíria-MS.

		Frente do experimento ----- Aroeira de Góias																					
		L1	L2	L3	L4	L5	L6	L7	L8	L9	L10	L11	L12	L13	L14	L15	L16	L17	L18	L19	L20		
1		CA	22	4	17	20	6	3	29	24	25	22	1	12	26	31	10	BL25-1	15	1	5		
2		BL1-22	24	21	15	5	12	8	23	12	19	6	16	18	7	9	22	4	12	14	11		
3		18	15	14	CA	25	31	23	11	19	22	28	8	6	28	19	17	7	8	29	18		
4		28	16	27	BL6-31	10	16	21	30	8	15	3	2	29	4	3	1	17	7	12	16		
5		14	19	5	9	17	22	13	31	11	2	CA	6	19	19	13	23	9	31	15	4		
6		27	30	3	6	22	17	31	17	CA	13	BL17-6	10	15	30	11	CA	24	23	9	30		
7		31	29	11	2	28	1	7	25	BL14-21	30	2	11	CA	25	28	BL24-13	18	21	5	9		
8		25	28	18	23	26	18	CA	8	16	5	11	7	BL20-26	23	24	3	28	25	24	CA13		
9		23	12	9	15	1	8	BL11-24	16	2	3	18	24	23	10	21	1	14	3	8	BL29-24		
10		15	3	22	12	8	28	23	9	10	8	1	22	21	29	4	22	2	4	18	6		
11		8	20	12	3	12	9	13	26	24	16	30	21	28	18	14	16	19	24	10	29		
12		10	CA	2	30	11	21	3	28	7	9	31	30	18	31	7	2	30	29	21	14		
13		24	BL3-4	31	14	31	7	31	18	23	11	12	5	30	13	2	15	25	18	2	26		
14		20	11	1	10	7	13	28	14	8	6	25	3	14	22	30	26	31	26	28	2		
15		29	19	29	22	CA	23	24	7	12	18	24	13	12	3	15	11	26	19	22	13		
16		11	16	30	29	BL8-8	4	17	15	5	12	7	14	7	9	CA	17	13	22	CA	25		
17		19	12	7	16	20	25	26	2	30	23	21	31	24	21	BL23-21	12	16	6	BL28-24	6		
18		17	1	19	5	12	3	30	CA	13	29	3	18	16	17	8	6	23	14	21	7		
19		30	15	13	21	17	29	25	BL13-18	14	28	10	23	15	6	7	31	11	13	26	16		
20		9	28	16	27	3	14	7	31	19	31	15	CA	17	11	25	28	21	28	19	4		
21		1	18	17	24	13	26	2	4	1	CA	19	BL19-16	19	8	26	30	10	10	29	8		
22		21	20	20	28	22	27	12	15	29	BL16-29	29	2	5	16	2	23	6	30	30	1		
23		16	10	CA	11	29	30	10	16	11	25	14	22	8	1	6	10	22	CA	25	29		
24		13	6	BL5-1	26	31	11	4	17	6	26	16	1	22	24	14	4	15	BL27-7	1	21		
25		3	26	25	25	6	24	1	30	3	15	8	24	3	CA	15	14	8	19	8	13		
26		7	25	8	17	14	10	15	14	4	9	17	10	10	BL22-29	3	18	3	26	22	11		
27		5	22	6	4	24	CA	9	29	26	19	4	25	6	10	13	25	12	13	16	12		
28		26	30	27	18	1	BL10-28	19	26	31	30	5	3	11	5	16	8	5	11	25	18		
29		6	9	13	20	21	9	16	23	15	4	28	26	11	18	31	21	29	16	28	30		
30		2	31	22	8	2	16	5	13	28	7	9	4	31	6	11	24	CA	30	10	31		
31		4	7	14	7	4	26	11	1	18	2	23	23	29	8	4	29	BL26-5	23	23	CA		
32		12	13	30	19	15	29	18	3	17	12	22	5	2	22	18	5	11	31	9			
33		CA	29	3	13	16	30	14	7	22	11	26	13	1	18	29	19	9	25	31			
34		BL2-6	17	2	1	18	2	8	21	25	21	13	14	13	1	24	Espaco	16	11				
35		26	5	28	CA	7	15	21	Espaco	9	24	CA	11	9	26	9	7	2	13				
36		14	21	23	BL7-19	27	10	6	2	CA	16	BL18-22	8	25	12	12	9	1					
37		1	23	20	18	28	27	22	6	BL15-17	31	12	28	CA	Espaco	28	CA						
38		7	14	7	21	10	1	CA	9	26	17	29	7	BL21-12	26	30							
39		25	24	19	4	30	19	BL12-24	25	14	13	4	9	5	16	19							
40		31	3	29	24	19	11	22	22	1	1	19	30	14	17	5							
41		11	2	31	13	11	25	19	28	21	5	15	21	2									
42		2	8	4	29	23	14	12	5	7	14	17	17	15									
43		17	27	9	30	5	4	13	10	4	10	14	31										
44		13	CA	16	6	9	6	21		10	18	9											
45		21	BL4-25	18	2	25	22	4		24	23	25											
46		27	15	12	23	26	5	10			8												
47		8	26	11	3	CA	12	6															
48		23	10	10	27	BL9-5	17	5															
49		10	23	26	9	15	24	1															
50		9	8	21	14	19	18	3															
51		5	24	24	15	2																	
52		18	6	5	16																		
53		4	28																				
		Fundo do experimento ----- Aroeira e Eucalipto																					

APÊNDICES

Apêndice 1. Resultado dos atributos químicos do solo, coletados ao entorno das árvores-matrizes de *Jacaranda cuspidifolia* Mart. pertencentes a POP-BAS, localizada ao longo da “área de empréstimo, em Selvíria – MS.

(continua)

Matriz	P	MO	pH	K	Ca	Mg	H+Al	Al	SB	S.SO ₄	CTC	V	Ca/CTC	Mg/CTC	m
1	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
2	2	17	4,9	1	6	7	18	1	14	2	32	44	19	22	7
3	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
4	2	16	5,6	0,9	7	6	15	0	13,9	2	28,9	48	24	21	0
5	1	9	6,5	0,9	6	7	11	0	13,9	1	24,9	56	24	28	0
6	1	10	5,9	0,7	4	4	12	0	8,7	2	20,7	42	19	19	0
7	1	12	5,5	0,8	5	4	12	0	9,8	5	21,8	45	23	18	0
8	2	16	4,7	0,9	3	3	16	2	6,9	1	22,9	30	13	13	22
9	1	15	5,0	0,8	5	5	15	1	10,8	2	25,8	42	19	19	8
10	2	15	5,2	0,8	6	6	15	0	12,8	1	27,8	46	22	22	0
11	1	13	5,3	0,7	5	5	15	0	10,7	1	25,7	42	19	19	0
12	1	12	5,5	0,9	5	6	15	0	11,9	1	26,9	44	19	22	0
13	2	14	5,4	0,8	6	6	13	0	12,8	1	25,8	50	23	23	0
14	1	12	5,1	0,8	4	3	13	1	7,8	9	20,8	38	19	14	11
15	2	8	5,3	0,8	3	3	15	0	6,8	8	21,8	31	14	14	0
16	1	10	5,5	0,8	5	5	13	0	10,8	1	23,8	45	21	21	0
17	2	16	4,8	1,0	3	3	12	2	7,0	2	19,0	37	16	16	22
18	1	11	5,6	0,8	5	6	15	0	11,8	1	26,8	44	19	22	0
19	3	22	5,0	1,1	8	8	20	2	17,1	1	37,1	46	22	22	10
20	1	14	5,8	0,8	7	8	34	0	15,8	1	49,8	32	14	16	0
21	2	13	5,3	0,8	5	6	31	0	11,8	1	42,8	28	12	14	0
22	2	15	5,3	0,9	5	7	28	0	12,8	1	40,9	32	12	17	0
23	2	20	5,2	0,9	6	8	18	0	14,9	1	32,9	45	18	24	0
24	3	21	4,9	0,9	7	6	20	2	13,9	1	33,9	41	21	18	13
25	4	24	4,9	0,9	7	6	22	2	13,9	1	25,9	39	19	17	13

Apêndice 1. Resultado dos atributos químicos do solo, coletados ao entorno das árvores-matrizes de *Jacaranda cuspidifolia* Mart. pertencentes a POP-BAS, localizada ao longo da “área de empréstimo, em Selvíria – MS.

(conclusão)

Matriz	P	MO	pH	K	Ca	Mg	H+Al	Al	SB	S.SO ₄	CTC	V	Ca/CTC	Mg/CTC	m
26	3	21	5,0	0,9	7	7	18	2	14,9	1	32,9	45	21	21	12
27	2	17	4,7	0,8	4	5	18	2	9,8	1	27,8	35	14	18	17
28	1	9	5,4	0,7	5	4	18	0	9,7	3	24,7	39	20	16	0
29	1	9	5,4	0,7	5	4	12	0	9,7	3	21,7	45	23	18	0
30	1	12	5,6	0,8	5	5	12	0	10,8	1	22,8	47	22	22	0
31	1	10	5,5	0,7	4	4	12	0	8,7	4	20,7	42	19	19	0
Média	1,69	14,24	5,30	0,83	5,27	5,41	16,82	0,58	11,53	2,21	28,25	41,38	18,97	19,14	4,66

Nota: P: fósforo (mg/dm³); MO: matéria orgânica (g/dm³); pH: pH; K: potássio (mmolc/dm³); Ca: cálcio (mmolc/dm³); Mg: magnésio (mmolc/dm³); H + Al: acidez potencial (mmolc/dm³); Al: alumínio (mmolc/dm³); SB: soma de bases (mmolc/dm³); S.SO₄: enxofre (mg/dm³); CTC: capacidade de troca catiônica (mmolc/dm³); V: saturação por bases (%); Ca/CTC: cálcio na CTC (%); Mg/CTC: magnésio na CTC (%); m: saturação por alumínio (%).

Fonte: Dados de pesquisa da autora, 2021.

Apêndice 2. Média dos teores de macronutrientes: nitrogênio (N), fósforo (F), potássio (K), cálcio (Ca); magnésio (Mg) e enxofre (S) em sementes de *Jacaranda cuspidifolia* Mart. pertencentes a POP-BAS, localizada ao longo da “área de empréstimo, em Selvíria – MS.

Matriz	N (g.kg⁻¹)	P (g.kg⁻¹)	K (g.kg⁻¹)	Ca (g.kg⁻¹)	Mg (g.kg⁻¹)	S (g.kg⁻¹)
1	33,36	5,57	6,69	5,28	6,88	3,93
2	36,42	6,25	6,79	4,22	6,58	3,18
3	39,60	7,25	6,47	5,71	6,62	3,41
4	36,10	5,02	8,56	3,26	6,48	3,94
5	40,29	8,13	7,28	4,42	6,71	3,19
6	45,08	7,08	6,85	2,88	6,70	3,97
7	32,81	4,46	8,40	3,94	6,42	4,13
8	34,42	6,21	5,84	4,84	6,80	3,15
9	37,26	6,19	8,29	3,36	6,62	3,93
10	33,46	6,04	7,93	5,05	6,52	3,71
11	31,27	7,10	7,85	5,07	6,54	3,86
12	37,26	6,59	5,45	5,18	6,91	4,24
13	34,41	6,46	6,42	3,04	6,71	3,27
14	37,92	6,47	6,40	3,53	6,78	4,00
15	36,44	5,98	5,98	5,97	6,64	3,54
16	40,62	7,03	6,23	4,03	6,84	4,17
17	35,70	5,96	6,85	4,58	6,51	3,79
18	34,35	6,81	7,90	5,93	6,59	3,08
19	36,72	5,75	7,29	4,28	6,53	3,93
20	34,91	6,06	6,57	5,45	6,79	3,91
21	33,90	6,19	7,23	4,12	6,69	4,04
22	38,61	6,95	6,97	7,27	6,83	4,07
23	38,13	6,43	6,40	4,50	6,50	3,75
24	34,46	6,52	5,92	3,30	6,71	3,18
25	37,85	6,59	5,93	4,24	6,75	4,42
26	34,42	5,45	5,97	5,67	6,57	3,63
27	35,53	5,89	6,94	3,41	6,66	3,72
28	35,86	5,94	5,89	5,45	6,65	3,67
Média	36,32	6,29	6,83	4,57	6,66	3,74

Fonte: Dados de pesquisa da autora, 2023.

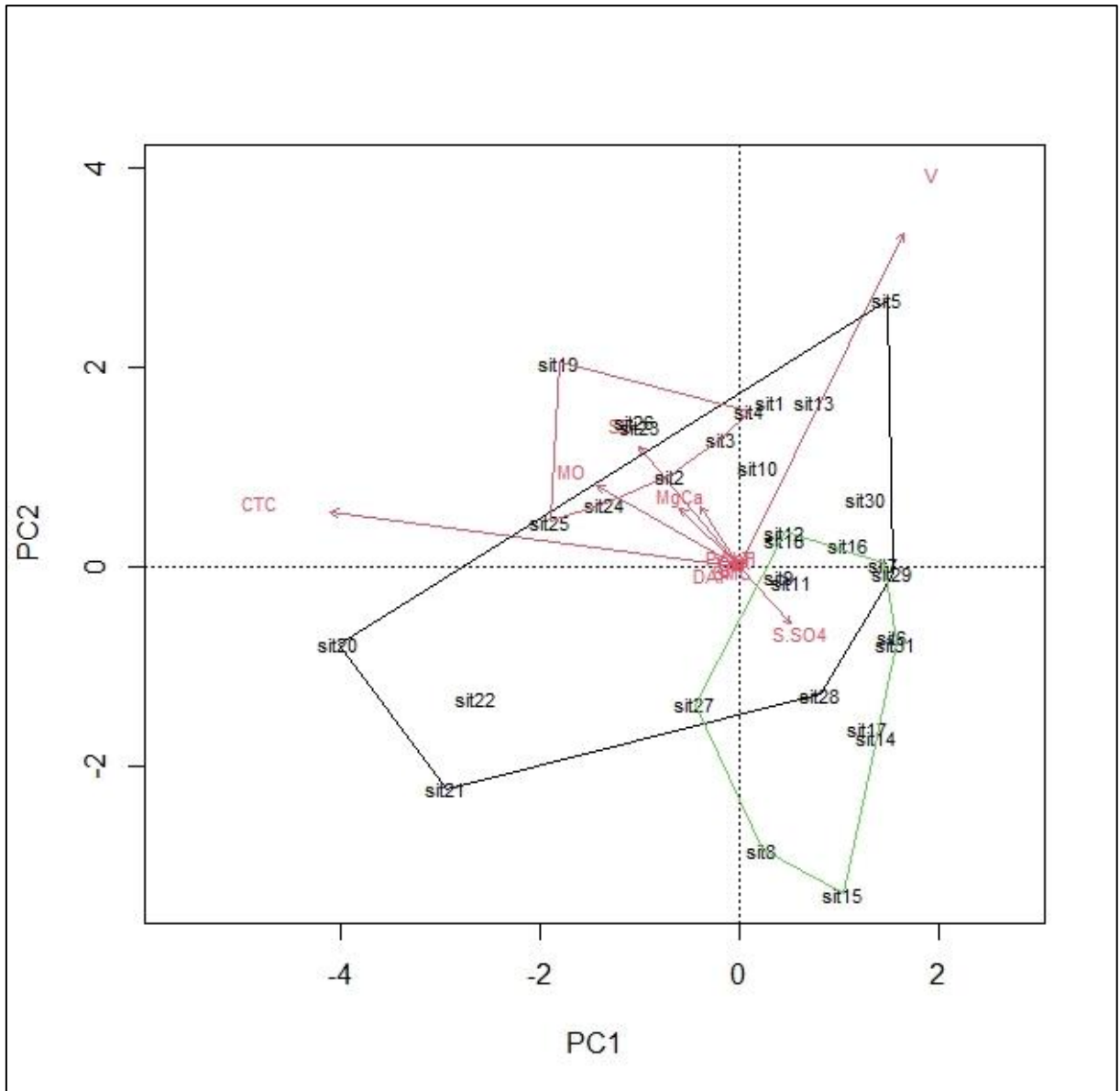
Apêndice 3. Seleção dos melhores indivíduos com base no valor genético (BLUP) para o caráter diâmetro a altura do peito (DAP, cm), em um teste de progênies de *Jacaranda cuspidifolia* Mart. (TP-JACA) aos três anos de idade, localizado em Selvíria-MS.

Ordem	Progênies	a	Ganho	Nova Média
1	30	1,22	1,22	7,06
2	30	1,11	1,17	7,01
3	30	1,07	1,14	6,98
4	30	1,04	1,11	6,96
5	30	0,96	1,08	6,93
6	30	0,93	1,06	6,90
7	7	0,81	1,02	6,87
8	7	0,81	1,00	6,84
9	13	0,81	0,97	6,82
10	30	0,80	0,96	6,80
11	30	0,79	0,94	6,79
12	30	0,78	0,93	6,77
13	7	0,78	0,92	6,76
14	30	0,77	0,91	6,75
15	30	0,76	0,90	6,74
16	7	0,72	0,89	6,73
17	30	0,71	0,88	6,72
18	30	0,71	0,87	6,71
19	30	0,69	0,86	6,70
20	30	0,69	0,85	6,69
21	13	0,69	0,84	6,69
22	21	0,68	0,83	6,68
23	30	0,66	0,83	6,67
24	21	0,65	0,82	6,66
25	30	0,65	0,81	6,66
26	30	0,65	0,81	6,65
27	13	0,65	0,80	6,64
28	7	0,64	0,79	6,64
29	30	0,63	0,79	6,63
30	30	0,62	0,78	6,63
31	13	0,62	0,78	6,62
Média selecionada				6,76
Média geral				5,84

Nota: a é efeito genético aditivo predito.

Fonte: Dados de pesquisa da autora, 2023.

Apêndice 4. Análise de agrupamentos entre as variáveis: caracteres de crescimento e atributos químicos de solo da POP-BAS, aos 23 anos de idade, localizada ao longo da “área de empréstimo”, em Selvíria-MS.



Fonte: Dados de pesquisa da autora, 2023.