

VARIABILIDADE GENOTÍPICA E ESTRUTURA  
POPULACIONAL DE *Astronium fraxinifolium* Schott  
(Anacardiaceae) EM ÁREA DEGRADADA DE CERRADO

**MARCELO AUGUSTO MENDES ALCANTARA**

**BOTUCATU – SP  
2019**

UNIVERSIDADE ESTADUAL PAULISTA  
"Júlio de Mesquita Filho"

INSTITUTO DE BIOCIÊNCIAS DE BOTUCATU

VARIABILIDADE GENOTÍPICA E ESTRUTURA  
POPULACIONAL DE *Astronium fraxinifolium* Schott  
(Anacardiaceae) EM ÁREA DEGRADADA DE CERRADO

**MARCELO AUGUSTO MENDES ALCANTARA**

**Prof. Dr. CELSO LUIS MARINO**

**Prof. Dr. MARIO LUIZ TEIXEIRA DE MORAES**

Dissertação apresentada ao Instituto de Biociências, Campus de Botucatu, UNESP, como requisito para obtenção do título de Mestre no Programa de Pós-Graduação em Ciências Biológicas (Genética).

**BOTUCATU – SP  
2019**

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

Alcantara, Marcelo Augusto Mendes.

Variabilidade genotípica e estrutura populacional de *Astronium fraxinifolium* Schott (Anacardiaceae) em área degradada de cerrado / Marcelo Augusto Mendes Alcantara. - Botucatu, 2019

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: 20200005

1. Plantas dos cerrados. 2. Variação genética. 3. Plantas - Melhoramento genético. 4. Ecologia dos cerrados.

Palavras-chave: Áreas degradadas; Cerrado; Estrutura genética; População natural.

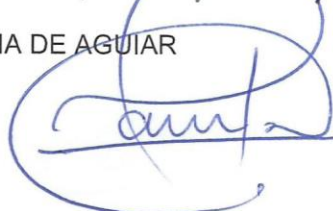
**ATA DA DEFESA PÚBLICA DA DISSERTAÇÃO DE MESTRADO DE MARCELO AUGUSTO MENDES ALCANTARA, DISCENTE DO PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM CIÊNCIAS BIOLÓGICAS (GENÉTICA), DO INSTITUTO DE BIOCIÊNCIAS - CÂMPUS DE BOTUCATU.**

Aos 29 dias do mês de abril do ano de 2019, às 09:00 horas, no(a) Sala de Pós-Graduação do IBB, reuniu-se a Comissão Examinadora da Defesa Pública, composta pelos seguintes membros: Prof. Dr. CELSO LUIS MARINO - Orientador(a) do(a) Departamento de Genética / Instituto de Biociências de Botucatu - UNESP, Profa. Dra. ANANDA VIRGÍNIA DE AGUIAR do(a) Câmpus Samambaia / Embrapa Florestas (por meio de videoconferência), Prof. Dr. JOSÉ CAMBUIM do(a) Departamento de Agricultura / Faculdade de Engenharia de Ilha Solteira - Unesp, sob a presidência do primeiro, a fim de proceder a arguição pública da DISSERTAÇÃO DE MESTRADO de MARCELO AUGUSTO MENDES ALCANTARA, intitulada **AVALIAÇÃO DA VARIABILIDADE GENOTÍPICA E ESTRUTURA POPULACIONAL DE REGENERANTES DE *Astronium fraxinifolium* Schott (Anacardiaceae) EM ÁREA DEGRADADA DE CERRADO**. Após a exposição, o discente foi arguido oralmente pelos membros da Comissão Examinadora, tendo recebido o conceito final: Aprovado. Nada mais havendo, foi lavrada a presente ata, que após lida e aprovada, foi assinada pelos membros da Comissão Examinadora.

Prof. Dr. CELSO LUIS MARINO



Profa. Dra. ANANDA VIRGÍNIA DE AGUIAR



Prof. Dr. JOSÉ CAMBUIM

*Dedico essa obra aos verdadeiros guerreiros deste país, que lutam por um ensino de qualidade, pela educação, pela pesquisa e inovação, por uma consciência ambiental e pelo desenvolvimento sustentável, a todos os pesquisadores brasileiros que todos os dias enfrentam o descrédito, o contingenciamento e a ameaça de verem seus trabalhos ceifados sem contrapartida, que fazem “milagres” com o pouco que tem e que todos os dias, acordam e vão à luta na esperança de criarem um país melhor.*

## AGRADECIMENTOS

Agradeço ao Criador de todas as coisas, Arquiteto da vida, que É, foi e sempre será, por me possibilitar estudar e descobrir suas maravilhas, buscar o conhecimento, e o desejo de me aprofundar e investigar cada vez mais sobre o fascinante mundo natural que (ainda) existe ao nosso redor

À Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior - CAPES pelo agraciamento de uma Bolsa de Estudos e à Universidade Estadual Paulista – UNESP por meio do seu corpo docente, auxiliar técnico e administrativo, que mesmo frente ao contingenciamento das instituições de pesquisa e da ciência nacional, lutam por um ensino de qualidade e pela vanguarda da ciência e inovação no Brasil.

Aos meus familiares, que sempre estiveram comigo, nos momentos tristes e alegres, difíceis e prazerosos, nos “vai e vens” que esses últimos dois anos me proporcionaram e por sempre me apoiar em todas as minhas decisões, o meu muito obrigado.

Ao Prof. Dr. Celso Luis Marino, por aceitar me orientar nesta etapa, por todas as horas de conversa, orientação e parceria, pelos ensinamentos preciosos que me passou e me auxiliaram a chegar aqui e principalmente pelo acolhimento em seu laboratório, sempre incentivando a seguir em frente.

Ao Prof. Dr. Mario Luiz Teixeira de Moraes, coorientador nesta obra e “eterno orientador”, por todos estes anos de amizade, auxílio e sábias orientações, pelo acolhimento ao seu grupo de pesquisa desde a minha graduação.

Ao Dr. José Cambuim, pela amizade, por todo o apoio e auxílio em campo e principalmente pelos IMENSURÁVEIS ensinamentos proporcionados a mim por um profissional apaixonado pelo seu trabalho e pela natureza, a minha eterna gratidão por despertar a vontade de seguir neste caminho em que trilho hoje.

Ao Dr. Bruno Cesar Rossini, pela amizade, por sempre estar à disposição e por todos os ensinamentos em laboratório e genética molecular, imprescindíveis para o entendimento e execução dos objetivos propostos e em minha formação.

A Msc. Maiara Ribeiro Cornacini, pela amizade, parceria, ensinamentos e fundamental auxílio em todas horas, em todas as atividades de campo e laboratoriais, escrita e desenvolvimento, sem os quais este trabalho não teria acontecido, o meu muito obrigado e a minha eterna gratidão, este trabalho também é seu.

A Dra. Patrícia Ferreira Alves e Msc. Aparecida Juliana Martins Corrêa, pela amizade e por toda a ajuda em laboratório, sem a qual este trabalho não poderia ter sido realizado.

Ao Dr. Ricardo de Oliveira Manoel, pelo auxílio em campo e análise dos dados, sem o qual não poderia ter obtido de maneira satisfatória tais resultados aqui descritos.

A Selma Maria Bozzite de Moraes e Dr. Alexandre Marques da Silva, por todo o apoio e ensinamentos, pelas incontáveis horas de conversas prazerosas e edificantes.

Aos funcionários da Fazenda de Ensino, Pesquisa e Extensão da UNESP de Ilha Solteira por todo o apoio e auxílio em campo, sendo fundamentais para a execução das coletas, medições e plantio, em especial ao funcionário Alonso Angelo da Silva, grande amigo, sempre presente e dedicado.

A Msc. Camila Amaro dos Santos, pela amizade, parceria e recepção ao laboratório quando tudo começou, pelos ensinamentos, risadas e incontáveis conversas ao longo desse período, obrigado por fazer parte desta trajetória.

Aos amigos de laboratório, LGPS em Ilha Solteira e CAGEM em Botucatu, por todo o companheirismo, auxílio e aprendizado, pelas horas juntos trabalhando e se divertindo, muito obrigado.

Aos amigos que a Pós-Graduação me presenteou Dr. Murilo Serra, Msc. Darlin Gonzalez, Msc. Daniele Zulian e André Stuani, Msc. João Henrique Maia, Msc. Luciane Sato, Ana Carla Pardo, Francieli e Regivan Saul, Marcos Bottaro, e muitos outros tanto em Ilha Solteira quanto em Botucatu, pelas incontáveis horas de conversa e troca de informações, pelos momentos de trabalho e lazer, pelos churrascos e confraternizações, o meu muito obrigado pois sem vocês essa empreitada não teria graça nem sentido, todo o aprendizado que vocês me proporcionaram de alguma forma levarei sempre comigo.

A todos os amigos de Ilha Solteira, São Paulo, Litoral Norte, do Tero, da IPB, aos que a Universidade me deu, e todos os outros que fiz durante minha trajetória de vida, obrigado por estarem comigo sempre e me suportarem, mesmo longe ou ocasionalmente, a presença de vocês sempre fez toda a diferença.

A Minha namorada Loren Lemes Gianini, por me acompanhar durante toda essa trajetória, com muito amor e carinho, sempre me apoiando a todo momento, mesmo de longe, obrigado por tudo.

A todos que de alguma forma não se enquadraram nos parágrafos anteriores, o meu muito obrigado, pois ajudaram a me tornar o que sou hoje, “por mais que pareça insignificante uma engrenagem por menor que seja, sempre terá sua importância dentro do motor”.

## LISTA DE FIGURAS

<b>Figura 1:</b> <i>A. fraxinifolium</i> em área de pastagem de Cerrado.....	21
<b>Figura 2:</b> Frutos maduros de <i>A. fraxinifolium</i> dispostos em panículas. ....	21
<b>Figura 3:</b> Fazenda de Ensino, Pesquisa e Extensão, FEPE – “Bovinos” da Faculdade de Engenharia de ilha Solteira FEIS/UNESP localizada no município de Selvíria-MS e demarcação da área experimental de aproximadamente 170ha, situada em uma Área de empréstimo. ....	27
<b>Figura 4:</b> Indivíduos de <i>A. fraxinifolium</i> amostrados e separados em masculinos, femininos (matrizes) dentro da área experimental. ....	28
<b>Figura 5:</b> Hipsômetro modelo Vertex IV baseado em sistema ultrassom para medição da altura das arvores (Fonte: Santos, 2018).....	29
<b>Figura 6:</b> Coleta de folhas de <i>A. fraxinifolium</i> com auxílio de podão.....	30
<b>Figura 7:</b> Armazenamento de folhas de <i>A. fraxinifolium</i> em sacos de papel para armazenamento em sílica e perca de umidade.....	30
<b>Figura 8:</b> Folhas de <i>A. fraxinifolium</i> secas e prontas para picotagem e posterior extração de material genético.....	31
<b>Figura 9:</b> Extração do material genético (DNA) empregando-se o protocolo de Doyle & Doyle, (1990) adaptado. ....	31
<b>Figura 10:</b> Quantificação em NanoDrop ND-1000 – Spectrophotometer (NanoDrop Products, DE, USA) das amostras de DNA extraídas de <i>A. fraxinifolium</i> .....	32
<b>Figura 11.</b> Seleção de indivíduos com alto valor genético (BLUP) baseado nos caracteres (A) altura (ALT) e (B) diâmetro à altura do peito (DAP) para a população amostrada total de <i>A. fraxinifolium</i> em área degradada de Cerrado.....	40
<b>Figura 12.</b> Seleção de Seleção de indivíduos com alto valor genético (BLUP) baseado nos caracteres (A) altura (ALT) e (B) diâmetro à altura do peito (DAP) para a população feminina amostrada de <i>A. fraxinifolium</i> em área degradada de Cerrado. ....	42

**Figura 13.** Seleção de indivíduos com alto valor genético (BLUP) baseado nos caracteres (A) altura (ALT) e (B) diâmetro à altura do peito (DAP) para a população masculina amostrada de *A. fraxinifolium* em área degradada de Cerrado. ....43

## LISTA DE GRÁFICOS

**Gráfico 1:** Correlograma do coeficiente médio de coancestria ( $\hat{\theta}_{xy}$ ) para (a) 11 classes de distância nos regenerantes de *A. fraxinifolium*. A linha contínua representa a estimativa do coeficiente de coancestria médio ( $\theta_{xy}$ ). As linhas tracejadas representam o intervalo de confiança a 95% da distribuição da média ( $\theta_{xy}$ ) calculada por 1.000 permutações da distância espacial entre pares de regenerantes.....49

## LISTA DE TABELAS

- Tabela 1:** Componentes de variância e parâmetros genéticos dos caracteres altura (ALT, m) e diâmetro à altura do peito (DAP, cm) em uma população natural de *A. fraxinifolium*, localizada em área degradada de Cerrado.....36
- Tabela 2:** Proporção sexual de *A. fraxinifolium* amostrados em uma população natural localizada em área degradada de Cerrado. ....44
- Tabela 3:** Diversidade genética e índice de fixação em oito locos microssatélites de regenerantes de *A. fraxinifolium* em área degradada de Cerrado. ....46
- Tabela 4:** Estimativas da Coancestria de grupo, do tamanho efetivo da população e da relação entre o tamanho efetivo e o número censo em uma população de *A. fraxinifolium*. ....51

## SUMÁRIO

1. INTRODUÇÃO .....	18
2. OBJETIVOS.....	19
3. REVISÃO DE LITERATURA .....	20
3.1. Considerações gerais sobre a espécie .....	20
3.2. Impacto ambiental de grandes empreendimentos no Brasil. ....	22
3.3. Conservação genética em populações impactadas antropicamente. ....	24
3.4. Utilização e potencial da espécie na recuperação de áreas degradadas .....	26
4. MATERIAL E MÉTODOS .....	27
4.1. Material .....	27
4.2. Métodos .....	28
4.2.1. Amostragem dos caracteres silviculturais .....	28
4.2.2. Coleta de material vegetal e extração de DNA.....	29
4.2.3. Parâmetros silviculturais e seleção .....	33
4.2.4. Proporção Sexual .....	33
4.2.5. Diversidade genética e endogamia .....	33
4.2.6. Estrutura genética espacial .....	34
4.2.7. Tamanho efetivo populacional .....	34
5. RESULTADOS E DISCUSSÃO .....	35
5.1. Parâmetros genéticos dos caracteres silviculturais. ....	35
5.2. Seleção de indivíduos com alto valor genético.....	39
5.2. Proporção sexual entre indivíduos.....	44
5.3. Diversidade genética e índice de fixação.....	45
5.4. Estrutura genética espacial intrapopulacional.....	48
5.5. Coeficiente de coancestria e tamanho efetivo populacional .....	50
6. CONCLUSÕES.....	51
REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS .....	52
APÊNDICE .....	64

## RESUMO

O Brasil possui vasta diversidade biológica tanto em sua fauna quanto em sua flora. Muito dessa diversidade ainda se encontra pouco ou inexplorada pela ciência. Dentre tantas espécies ainda pouco estudadas, encontra-se *Astronium fraxinifolium* Schott, popularmente conhecido como Gonçalo-Alves, tipicamente de cerrado e com aparições em outros biomas circundantes. A partir de uma população natural de *A. fraxinifolium* localizada em área degradada de Cerrado, o presente trabalho objetivou estimar a variação genotípica com base em seus caracteres silviculturais, propor um índice de seleção individual com base no valor genotípico (BLUP), determinar a proporção sexual dentro da população, o tamanho efetivo populacional, a diversidade, a estrutura genética, os níveis de endogamia, a coancestria e o tamanho efetivo populacional a partir da amplificação e identificação de locos microssatélites. A medição da altura foi realizada com equipamento hipsômetro baseado em sistema ultrassom e a estimativa do caráter diâmetro a altura do peito (DAP) a partir da conversão da circunferência à altura do peito. Para a extração do material genético e posterior genotipagem, coletou-se tecidos foliares de 384 árvores. As estimativas de componentes de variância e parâmetros genéticos dos caracteres silviculturais foram obtidos com base no procedimento - REML/BLUP empregando-se o *software* SELEGEN-REML/BLUP. A proporção sexual entre os indivíduos masculinos e femininos dentro da população foi estimada segundo o teste estatístico do qui-quadrado. A diversidade genética foi estimada utilizando o *software* FSTAT. Os coeficientes de coancestria e o erro padrão foram estimados utilizando o *software* SPAGeDi. A média geral para os caracteres altura e DAP foram de 11,31 m e 26,15 cm, respectivamente. A média desses caracteres para os indivíduos femininos e masculinos da população de regenerantes foram 11,67 m e 23,92 cm e 10,91 m e 25,72 cm, respectivamente. Os valores para variância genotípica para o caráter DAP foram de 56,28 para a população, árvores femininas e masculinas de 57,89 e 48,10 respectivamente. A variância fenotípica por sua vez, indicou valores de 167,72 para a população e 99,59 e 173,18 para as subpopulações femininas e masculinas, respectivamente. O índice de seleção proposto para a população revelou ganhos de 17,36% para o caráter altura e 23,94% para o caráter DAP. A proporção sexual da população revelou ser de 1,13:1 (F:M) e encontra-se em equilíbrio de 1:1 de acordo com o teste do qui-quadrado ( $X^2=0,21$ ). Nos 386 genótipos de *A. fraxinifolium* observou-se 101 alelos. A média do número de alelos por loco foi de  $5,08 \pm 1,2$  e a estimativa média da riqueza alélica média ( $R$ ) de  $12,5 \pm 3,3$ . A heterozigosidade observada ( $\hat{H}_o$ ) foi significativamente menor do que a heterozigosidade esperada ( $H_e$ ) em todos os locos. O nível médio de endogamia observada na população ( $F = 0,111$ ) o que pode representar cruzamento

entre meios-irmãos ( $\theta_{xy} = 0,125$ ) nos parentais. O coeficiente médio de coancestria entre as fêmeas ( $\Theta_f$ ), machos e fêmeas ( $\Theta_{fm}$ ), e machos ( $\Theta_m$ ) foram de 0,000032; 0,000365 e 0,001776, respectivamente. A coancestria média do grupo de árvores dentro da população foi baixa e positiva ( $\Theta = 0,002174$ ). A partir destes dados, é possível inferir que a população de *A. fraxinifolium* presente na área degradada, antiga área de empréstimo da UHE Ilha Solteira apresenta diversidade genética significativa com alto potencial evolutivo e de manutenção da diversidade genética ao longo das gerações, selecionável para compor populações base de melhoramento genético, bem como banco ativo de germoplasma e outras coleções de germoplasma (sementes).

**Palavras chave:** Áreas degradadas, Cerrado, estrutura genética, população natural.

## ABSTRACT

Brazil has a vast biological diversity both in its fauna and flora. Much of this diversity is still little or unexplored by science. Among so many species still poorly studied, there is *Astronium fraxinifolium* Schott, popularly known as Gonçalo-Alves, typically a Cerrado specie with appearances in other surrounding biomes. From a natural population of *A. fraxinifolium* located in a degraded area of Cerrado, the present work aimed to estimate genotypic variation based on its silvicultural characters, propose an individual selection index based on genotypic value (BLUP), determine the sexual ratio in the population, effective population size, diversity, genetic structure, inbreeding levels, coancestry, and effective population size from the amplification and identification of microsatellite loci. Height measurement was performed using an ultrasound-based hypsometer device and the diameter-to-chest height (DBH) character estimate from the circumference to chest height conversion. For the extraction of genetic material and subsequent genotyping, we collected leaf tissues from 384 trees. Estimates of variance components and genetic parameters of silvicultural characters were obtained based on the procedure - REML / BLUP using the software SELEGEN-REML / BLUP. The sex ratio between male and female individuals in the population was estimated according to the chi-square statistical test. The genetic diversity was estimated using FSTAT software. The coancestry coefficients and standard error were estimated using SPAGeDi software. The overall average for the characters height and DBH were 11.31 m and 26.15 cm, respectively. The average of these characters for female and male individuals of the population were 11.67 m and 23.92 cm, and 10.91 m and 25.72 cm, respectively. The values for genotypic variance for the DBH character were 56.28 for the population and for female and male trees 57.89 and 48.10 respectively. The phenotypic variance in turn indicated values of 167.72 for the population and 99.59 and 173.18 for the female and male subpopulations, respectively. The selection index proposed for the population revealed gains of 17.36% for the height character and 23.94% for the DBH character. The sex ratio of the population was 1.13: 1 (F: M) and is in a 1: 1 equilibrium according to the chi-square test ( $X^2 = 0.21$ ). In the 386 genotypes of *A. fraxinifolium*, 101 alleles were observed. The average number of alleles per locus was  $5.08 \pm 1.2$  and the average estimate of the allelic richness (R) was  $12.5 \pm 3.3$ . The observed heterozygosity ( $H_o$ ) was significantly lower than the expected heterozygosity ( $H_e$ ) in all loci. The average level of inbreeding observed in the population ( $F = 0.111$ ) which may represent cross-sectional crossing ( $\theta_{xy} = 0,125$ ) in the parents. The mean coefficient of coancestry between females ( $\Theta_f$ ), males and females ( $\Theta_{fm}$ ), and males ( $\Theta_m$ ) was 0.000032; 0.000365 and 0.001776, respectively. The coancestry mean of the group tree within the population was low and positive ( $\Theta = 0.002174$ ). From these data, it is possible to infer that the population of *A.*

*fraxinifolium* present in the degraded area, former borrow area of Ilha Solteira HPP presents significant genetic diversity with high evolutionary potential and maintenance of the genetic diversity throughout generations, selectable to compose breeding base populations, as well as active germplasm bank and other germplasm collections (seeds).

**Keywords:** Degraded areas, Cerrado, genetic structure, natural population

## 1. INTRODUÇÃO

O Brasil possui vasta diversidade biológica tanto em sua fauna quanto em sua flora, embora muito dessa diversidade ainda se encontra inexplorada pela ciência, carecendo, portanto, de estudos e investigações. Dentre tantas espécies ainda pouco estudadas de nossa rica flora, encontra-se *Astronium fraxinifolium* Schott, popularmente conhecido como Gonçalo-Alves, espécie tipicamente de cerrado e com aparições em outros biomas circundantes. Classificada como espécie secundária tardia, a espécie já figurou na lista de espécies ameaçadas de extinção como “vulnerável” (IBAMA, 1992; Silva Neto *et al.*, 2015). Suas características têm despertado o interesse de pesquisadores pelo país, não somente por seus atributos morfológicos, mas também por sua capacidade adaptativa de regeneração de áreas degradadas e restabelecer sucessão ecológica nestas áreas naturais fortemente antropizadas.

O Cerrado, habitat em que *A. fraxinifolium* predominantemente se encontra, ocupa cerca de 24% do território nacional, sendo pouco mais de dois milhões de quilômetros quadrados, concentrando aproximadamente um terço da biodiversidade nacional e 5% da flora e da fauna mundial e segundo o governo federal, estima-se ainda que restam intocados 61,2% deste bioma, em áreas distribuídas no Planalto Central e Nordeste, principalmente, nos estados do Maranhão e do Piauí. No entanto, segundo estudos atuais, estão protegidas em áreas de preservação menos de 9% do Cerrado, caindo para apenas 6,5% quando analisadas somente áreas com cobertura vegetal nativa. Existem também áreas de Cerrado em Rondônia, Roraima, Amapá, Pará, bem como em São Paulo. Portanto, o bioma se caracteriza como a segunda maior formação vegetal brasileira depois da Amazônia, e é favorecido pela presença de diferentes paisagens e de três das maiores bacias hidrográficas da América do Sul (EMBRAPA, 2007; Françoso *et al.*, 2015).

Neste contexto, advinda com a expansão progressista rumo ao interior do país promovida pelo estado brasileiro no meio do século XX, a Usina Hidrelétrica de Ilha Solteira (UHE Ilha Solteira), localizada em uma área de transição entre Mata Atlântica e Cerrado na Bacia do Rio Paraná, faz parte do complexo de geração de energia elétrica Urubupungá juntamente com as usinas hidrelétricas de Três irmãos (UHE Três Irmãos) e Engenheiro Souza Dias (UHE Jupia), cujas instalações se deram no início dos anos 60 e 70, produzindo desenvolvimento para o país e gerando também grande impacto ambiental em toda a região. Para a sua construção, foi necessária a retirada de grande quantidade de solo, a partir de chamadas “áreas de empréstimo”, acarretando na perda dos horizontes superficiais e férteis chegando em determinadas localidades a 10 metros de solo removido, resultando em leito rochoso não intemperizado que permaneceu intocado após a conclusão das obras devido à época, ausência de programas de manejo e recuperação adequados para a região (EMBRAPA, 2006; CESP, 2009; Gallo, 2010).

Algumas dessas áreas hoje pertencem à Universidade Estadual Paulista “Júlio de Mesquita Filho” (UNESP) situadas em sua Fazenda de Ensino, Pesquisa e Extensão (FEPE) na Faculdade de Engenharia de Ilha Solteira (FEIS), que é composta por três áreas, sendo duas localizadas no município de Selvíria, Mato Grosso do Sul, sendo a Fazenda de Produção Animal, “Bovinos” com área total de 1.151,68 ha, e Fazenda de Produção Vegetal, “Cerrado” com área total de 352,81 ha, e uma em Ilha Solteira, São Paulo, chamada “Pomar”, de Produção Animal e Vegetal com área total de 71,22 ha, totalizando 1.647,51 hectares (UNESP, 2017).

Dentro de toda essa área herdada, a FEPE – “Bovinos” registra aproximadamente 500 ha de área degradada remanescentes destas áreas de empréstimo no passado. Atualmente, diversos trabalhos vêm sendo realizados no local com o intuito de recuperar, entender e promover políticas e programas para recuperação de ambientes altamente impactados pelo homem (UNESP, 2017). Diversos autores ao realizarem estudos de recuperação de ambientes degradados com *A. fraxinifolium*, descrevem o pioneirismo ímpar da espécie e o seu grande potencial em comparação com outras árvores nativas ou exóticas como *Pinus elliottii* por exemplo, utilizado em programas de reflorestamento e recuperação de áreas impactadas antropicamente em regiões de Cerrado (Calgaro, 2006; Machado *et al.*, 2006; Miranda, 2010; Marchini, 2012; Souto Filho, 2012; Silva *et al.*, 2015b).

A espécie aparece como promissora para reflorestamento do cerrado e recuperação de áreas degradadas por unir embasamentos econômicos e ambientais, além de possuir madeira de qualidade, mesmo crescendo em áreas carentes de recursos nutricionais, dando retorno econômico por seu uso em programas de melhoramento, e auxiliando nos efeitos de atração de fauna silvestre e sucessão ecológica, corroborando na recuperação da diversidade do ambiente desconfigurado. Além disto, sua utilização também agrega um viés conservacionista, já que a espécie é levemente explorada e compõe a lista de ameaçadas no Brasil, e sua utilização, portanto vem a auxiliar no reestabelecimento das populações devastadas e no preenchimento das lacunas sobre a biologia e genética da espécie (Aguiar *et al.*, 2001; Gonçalves, 2017).

## 2. OBJETIVOS

A partir de uma população natural regenerante de *A. fraxinifolium*, localizada em área degradada de Cerrado, o presente trabalho objetivou:

- 1) Estimar a população natural de regenerantes com base em seus caracteres silviculturais;
- 2) Determinar um índice de seleção de indivíduos com base em sua riqueza genética (BLUP);
- 3) Determinar a proporção sexual dentro da população.

- 4) Investigar o tamanho efetivo populacional, a diversidade e a estrutura genética utilizando oito locos microssatélites;
- 5) Estimar os níveis de endogamia para entender quais os efeitos da fragmentação sobre os níveis de diversidade genética da geração pós-degradação (regenerantes);
- 6) Determinar a estrutura genética espacial dos regenerantes na área degradada;
- 7) Determinar a coancestria e o tamanho efetivo e com base nestas informações estimar o número de árvores não-parentes e não endogâmicas na população;

### **3. REVISÃO DE LITERATURA**

#### **3.1. Considerações gerais sobre a espécie**

Conhecida popularmente como Gonçalo-Alves, *Astronium fraxinifolium* Schott é pertencente à família Anacardiaceae. É uma espécie típica do Cerrado Brasileiro podendo ser encontrado também nos ecótonos entre este e a Amazônia, Caatinga, Mata Atlântica e Pantanal. É uma árvore com porte de 25 a 30 m, com tronco cilíndrico e reto de 60 a 80 cm de diâmetro (Figura 1). Copa ramificada, com perda total das folhas durante o inverno. Possui casca externa lisa, de cor cinza azulada, tanífera e resinífera. Suas folhas são compostas, pinadas, com folíolos opostos. Flores pequeninas, brancas ou amarelas-esverdeadas, dispostas em panículas terminais ou axilares, compostas e amplas. Seu fruto é uma drupa, leve, pequena e apiculada (Figura 2). As sementes verdadeiras não se separam do fruto e sua copa elevada e rala, com folhagem aberta e tronco resistente (Lorenzi, 1998; Lorenzi, 2002; Machado *et al.*, 2006; Fernandes *et al.*, 2017; Zavala *et al.*, 2017).



**Figura 1:** *A. fraxinifolium* em área de pastagem de Cerrado.



**Figura 2:** Frutos maduros de *A. fraxinifolium* dispostos em panículas.

*A. fraxinifolium* já figurou na lista de espécies ameaçadas de extinção como “vulnerável” devido a exploração predatória intensiva, como registrado em compilações de espécies nativas florestais do estado de Mato Grosso do Sul, apontando o Gonçalo Alves e o Guaritá (*Astronium graveolens*) como principais alvos, sobretudo pelas espécies serem

fornecedoras de madeira de boa qualidade. A espécie pode ser classificada como figurante entre as secundárias tardias, embora a falta de estudos possa levar a ser classificada em grupos distintos. Ocasionalmente, uma mesma espécie dependendo de suas características genéticas, pode responder de forma diferente diante das condições ambientais ocorrentes em regiões com solos e climas distintos, uma vez que estas respostas não se dão equivalentes para um único fator do meio isoladamente, reforçando a necessidade de mais estudos para uma satisfatória classificação (IBAMA, 1992; Silva *et al.*, 2003; Pirani & Silva-Luz, 2018).

Em seus atributos medicinais, *A. fraxinifolium* demonstra potencial antifúngico, antitumoral e atividade antileishmanial, identificada a partir do extrato etanólico de suas folhas. A espécie também possui atividade antimutagênica e possui grande importância para diversas comunidades tradicionais não-indígenas, onde suas sementes são amplamente utilizadas para a cura de agravos dermatológicos (Macedo & Ferreira, 2004; Lima *et al.*, 2014; Moura, 2014; Resende *et al.*, 2017). Dentro da cadeia produtiva industrial, o Gonçalves-Alves apresenta grande potencial, possuindo atividade antimicrobiana comprovada e não apresentando suscetibilidade a microrganismos do processo fermentativo como *Saccharomyces cerevisiae*, indicando o potencial da espécie no controle de qualidade para a produção de bebidas. Além destes atributos, também possui grande potencial para o sequestro de carbono como observado em avaliações realizadas por (Amâncio *et al.*, 2015; Rocha *et al.*, 2017).

Finalmente, espécie não necessita de tratamentos pré-germinativos, uma vez que não possui dormência, em condições ambientes pode ser armazenada em vidro ou papel ou somente vidro em condições de freezer. Está dentre poucas que passaram por processos experimentais em condições de microgravidade, onde seu processo de germinação avaliado foi mais rápido e mais homogêneo, tanto para sementes mantidas na presença de luz quanto para aquelas mantidas no escuro (Braga *et al.*, 2014; Inglis *et al.*, 2014).

### **3.2. Impacto ambiental de grandes empreendimentos no Brasil.**

O Brasil é um país característico por possuir matriz energética essencialmente ligada à seus cursos fluviais. Segundo a literatura, os licenciamentos ambientais no Brasil entre 1985 e 2015 representam em sua maioria casos de alta complexidade com concentração em hidrelétricas, gerando impactos sociais e ambientais em seus locais de construção, muitas vezes alterando o microclima da região de ocorrência. Diversos estudos apontam para uma lenta recuperação do local, levando décadas para que os tratamentos adotados recuperem, embora de forma lenta, os atributos físicos do subsolo exposto, atingindo profundidades de 0 a 0,10 metros, expondo o quão lento é o processo de recuperação de uma área impactada por barragem (Alves *et al.*, 2012; Cruz *et al.*, 2016; Fainguelernt, 2016; Duarte *et al.*, 2017).

Além dos impactos ambientais, essas obras têm gerado processos socioambientais e socioeconômicos de crescimento desordenado nas cidades, permanecendo a população local em sua maioria excluída dos benefícios decorrentes da construção das hidrelétricas, sem o cumprimento de condicionantes do licenciamento ambiental que serviriam para mitigar e compensar esses impactos em relação aos direitos das comunidades, estas, porém, absorvendo grande parte dos impactos negativos. Estes efeitos tendem a agravar a evasão populacional, econômica e social gerada pela barragem. É essencial e importante que uma política energética que preze pela diversificação seja realizada, tendo a energia eólica por exemplo, papel essencial nesse contexto de mudanças, pois esta tem experimentado um rápido crescimento no mundo. Os autores afirmam que um sistema hidro-eólico no Brasil pode oferecer energia ambientalmente sustentável e suficiente para suprir a previsão de demanda nas próximas décadas (Viana, 2003; Scabim *et al.*, 2014; Ferreira Junior & Rodrigues, 2015; Oliveira *et al.*, 2016).

Além do setor energético, a construção civil igualmente possui uma posição de destaque na economia e também é responsável por impactos ambientais, sociais e econômicos consideráveis. Por isto, é necessário compreender a necessidade de uma gestão ambiental a partir da consciência da dimensão que os impactos do setor causam ao meio ambiente, sendo importante destacar também a necessidade de pesquisas e estudos de avaliação do ciclo de vida dos materiais da indústria da construção, destacando dentre estes, o cimento, a cal, a areia, a brita, o aço e o alumínio. Tais materiais apresentam como principais impactos a supressão da vegetação, alteração de uso e ocupação do solo e de cursos d'água, contaminação por óleos e graxas procedentes das máquinas em casos de vazamento, contaminação por substâncias presentes no solo, além de poeira e resíduos sólidos (Gasques *et al.*, 2014).

Como alternativas, é necessário que ocorra a transformação de nosso referencial de saber, promovendo o uso sustentável dos recursos naturais, reduzindo os danos socioambientais nas relações do homem com a natureza, destacando o zoneamento e o manejo do solo para conservação dos recursos hídricos e finalmente, incentivando sistemas de produção de base agroecológica, focados na agricultura familiar, em reflorestamentos nativos e comerciais recuperando áreas degradadas (Devide *et al.*, 2014; Martins & Silva, 2014)

A obrigatoriedade na divulgação das informações ambientais nas demonstrações contábeis das empresas do setor de energia elétrica no Brasil também se faz necessária, pois o cenário identificado em seu estudo sinaliza um nível de evidenciação ambiental entre Regular e Ruim. Nesse sentido também concluem que a informação sobre as cargas ambientais embutidas num produto, processo, ou serviço necessitam ser fornecidas, dando poder de decisão ao consumidor, que poderá escolher a opção menos agressiva e forçando outros fabricantes ou

fornecedores a buscarem modos mais ecológicos para manter a competitividade e a redução dos níveis de emissões de poluentes além do benefício ambiental. (Carvalho & freire, 2014; Ferreira *et al.*, 2014; Pereira *et al.*, 2015).

Por fim, um importante alerta deve ser feito, uma vez que a água, seja ela superficial, subterrânea ou mineral, não deve ser vista como uma mercadoria ou commodity, mas como um recurso hídrico de domínio público e gerido pelas instituições da sociedade, visando não apenas ao objetivo econômico, mas também, social e ambiental (Portugal Junior *et al.*, 2015).

### **3.3. Conservação genética em populações impactadas antropicamente.**

A fragmentação florestal provoca a diminuição do número de indivíduos de uma população, favorecendo a perda de variação genética. A população remanescente passa a ter um tamanho menor que o mínimo adequado para que a mesma possa ter sua normal continuidade e evolução. Nessas pequenas populações impactadas, podem ocorrer a curto prazo, deriva genética, o que significa ter as frequências de seus genes afastadas daquelas da população original, e conseqüente perda de alelos. A longo prazo pode haver um aumento da endogamia, decorrente da maior probabilidade de autofecundação e cruzamentos entre indivíduos aparentados. Para evitar tais situações, é recomendável medidas urgentes no que diz respeito à proteção das áreas florestais remanescentes, além de iniciativas que visem à produção de mudas para o plantio em áreas degradadas ou em arboretos, como medida de conservação adicional (Kageyama *et al.*, 1998; Caxambú, *et al.*, 2015).

A preservação da diversidade de populações vegetais nativas e de ecossistemas é extremamente importante, tendo em vista a necessária manutenção do equilíbrio entre a natureza e as populações humanas. Nesse sentido, os métodos de conservação, especialmente aqueles em que se utilizam os bancos de germoplasmas, devem contribuir e garantir a preservação das espécies, com ênfase na escolha das melhores formas de maximizar a diversidade e variabilidade genética em bancos de germoplasmas *in situ* ou *ex situ*. A avaliação da representatividade genética destes bancos pode ser feita através do tamanho efetivo populacional, onde este, é um parâmetro crucial para o julgamento do impacto da deriva sobre a estrutura genética de populações. O entendimento da relação entre o tamanho efetivo e o tamanho real de uma população de plantas é fundamental para um planejamento de conservação. Estes dados permitem identificar o número de indivíduos remanescentes na área preservada, bem como estimar considerável diversidade genética entre os indivíduos, sendo possível certificar a variação genética que poderá ser encontrada em futuros lotes de mudas, obtidos da coleta de sementes em árvores presentes na área (Moraes *et al.*, 1999; Ribeiro *et al.*, 2016; Souza, 2017).

A fragmentação de habitats é um dos fatores que contribui para a diminuição da variabilidade genética, desta forma, é interessante o estabelecimento de estratégias que visem a recuperação das áreas fragmentadas e a criação racional da espécie a fim de obter um manejo adequado destas populações e sua permanência na natureza. Assim, a marcação de matrizes com finalidade de coleta de sementes, se faz essencial, pois possibilitam conservar a diversidade genética intrapopulacional. A variabilidade genética dentro das populações de uma espécie é fundamental para garantir seu potencial adaptativo frente às adversidades ambientais. Quantificar essa variabilidade dentro das populações é crucial para avaliar como as espécies enfrentam o ambiente e se mantêm vivas e reprodutivas ao longo dos tempos, principalmente na região do Cerrado, considerado um bioma de rica biodiversidade. A análise da variabilidade genética das espécies nativas passou a ter hoje um papel de destaque na definição das estratégias de conservação e manejo de populações naturais (Ribeiro & Rodrigues, 2006; Nunes *et al.*, 2007; Assis, 2015).

Estudos genético-ecológicos em espécies representativas, tanto em florestas não perturbadas como em matas secundárias, vêm mostrando o efeito das ações antrópicas em suas populações, auxiliando na definição dos parâmetros genéticos mais adequados para orientar e monitorar as ações nesses ecossistemas. Tais perturbações podem ocorrer pelo extrativismo de plantas nativas, como fonte de renda para populações carentes. Todavia, quando tal exploração ocorre, muitas vezes, se faz de forma predatória, o que compromete a biodiversidade local sendo necessário haver uma maior integração entre órgãos de pesquisas e indústrias, objetivando não só estudos de estratégias para utilização da biodiversidade, mas também para o levantamento de problemas relacionados à garantia da utilização sustentável e conservação das espécies florestais impactadas (Kageyama *et al.*, 1998; Oliveira *et al.*, 2006).

Adotar medidas de facilitação e práticas de manejo que possibilitem a regeneração e recrutamento é essencial para que futuramente esses indivíduos possam recompor o extrato adulto da população. As aplicações destes planos devem ter o compromisso em adotar ações que busquem o equilíbrio entre a colheita e a integridade das populações, para garantir a sustentabilidade do manejo. As possibilidades de perda significativa de variabilidade genética, causadas pela atividade humana, principalmente devido à destruição de habitats, com consequente limitação do potencial evolutivo futuro de muitas espécies, estão cada vez mais presentes. Entretanto, embora tenhamos cada vez mais informações consistentes sobre o nível de variabilidade genética em populações naturais, ainda pouco sabemos sobre as relações entre essa variabilidade, a adaptação e a sobrevivência, além da complexidade por trás dos padrões populacionais e as múltiplas causas que podem levar uma população ao declínio. Por essa razão,

faz-se necessários mais estudos nestas áreas (Martins, 1987; Raposo *et al.*, 2007; Ferreira, 2016; Meira & cabacinha, 2016).

Neste sentido, estudos em populações de pequenos fragmentos florestais revelaram uma diversidade genética tão alta como a de fragmentos maiores. Adicionalmente, as divergências genéticas apresentadas foram relativamente altas entre as populações estudadas, concluindo que estes dados podem ser úteis no suporte à preservação de pequenos fragmentos, mesmo que urbanos e muito perturbados (Moraes & Derbyshire, 2002; Soares & Nunes, 2013; Gois *et al.*, 2014; Ferreira, 2016; Orioli, 2017; Bueno *et al.*, 2018).

### **3.4. Utilização e potencial da espécie na recuperação de áreas degradadas**

A recuperação de áreas impactadas antropicamente têm ganhando maior destaque e atenção nas últimas décadas por parte da sociedade civil. Para tanto, são necessárias medidas que amenizem tais perturbações e devolvam o ambiente restaurado para o ecossistema. Dentre as espécies com potencial para esta ação, *A. fraxinifolium* tem demonstrado ser um importante aliado, como demonstrado em estudos em área impactada por remoção de solo, obtendo-se resultados satisfatórios em relação às avaliações do diâmetro e altura das plantas e da biomassa seca dos adubos verdes, mostrando adaptação da espécie às condições de baixa disponibilidade hídrica do solo e demonstrando melhoria das condições físicas do solo observadas, sendo um importante e promissor agente de recuperação (Alves *et al.*, 2007; Campelo *et al.*, 2015).

Estudos realizados em áreas degradadas por remoção de solo, demonstram que após um ano de avaliação, o diâmetro do colo e altura de *A. fraxinifolium* apresentaram resultados crescentes ao longo do período estudado, comprovando o potencial da espécie para crescimento mesmo em solo de caráter ácido e pobre em nutrientes. Resultados semelhantes também demonstram que o seu cultivo na condição de solo degradado é viável tecnicamente e ao mesmo tempo contribui para a sua recuperação, ocorrendo melhorias quanto às variações de temperatura e umidade, reduzindo o fluxo de calor absorvido e o transferindo para o interior do solo, assim como os atributos físicos como macroporosidade, porosidade total e densidade, sendo recuperados ao longo do tempo, principalmente em subsuperfície como o horizonte B textural do solo (Calgaro, 2006; Rodrigues *et al.*, 2007; Miranda, 2010; Marchini, 2012; Souto Filho, 2012).

Outro efeito importante está no papel exercido pela cobertura vegetal e pelas espécies arbóreas na melhoria da qualidade do solo, semelhante a sistemas agroflorestais onde a presença de restos vegetais em diferentes estágios de decomposição estimula a atividade biológica, contribuindo para a formação de agregados mais estáveis e maiores, ricos em componentes orgânicos e inorgânicos, responsáveis por fornecer nutrientes aos seres que ali se encontram.

Destaca-se ainda, a importância de manter a vegetação natural para preservar a diversidade zoológica, como a de ácaros em plantas nativas, onde a utilização de *A. fraxinifolium* em ambientes previamente explorados para mineração de níquel, revelou remanescentes de espécies como *Phytoscutus* e *Afronychus* ou *A. brasiliensis* sendo registradas para o bioma Cerrado pela primeira vez (Caldeira Junior *et al.*, 2009; Corrêa & Bento, 2010; Miranda, 2010; Marchini, 2012; Araújo *et al.*, 2017).

## 4. MATERIAL E MÉTODOS

### 4.1. Material

O estudo foi realizado em uma população natural de *A. fraxinifolium* localizada na Fazenda de Ensino, Pesquisa e Extensão – FEPE “Bovinos” da Faculdade de Engenharia de Ilha Solteira - FEIS/UNESP no município de Selvíria-MS, dentro de uma parcela demarcada previamente de aproximadamente 170ha (Coordenadas Geográficas: 20°22'26.4"S 51°24'06.9"W).

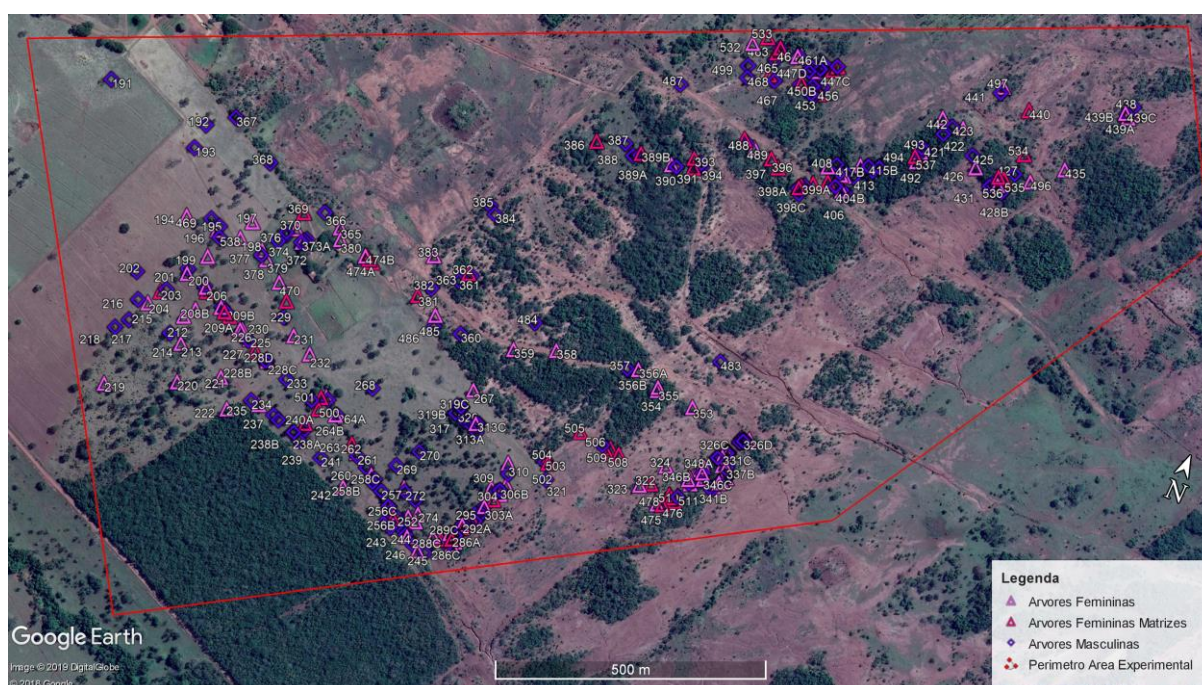
Essa área é remanescente de uma “área de empréstimo” utilizada para a construção da Usina Hidrelétrica de Ilha Solteira (UHE Ilha Solteira), entre os anos de 1967 a 1978 pela Companhia Energética de São Paulo – CESP e posteriormente incorporada pela Faculdade de Engenharia de Ilha Solteira (Figura 3) (CESP, 2009; UNESP, 2017).



**Figura 3:** Fazenda de Ensino, Pesquisa e Extensão, FEPE – “Bovinos” da Faculdade de Engenharia de ilha Solteira FEIS/UNESP localizada no município de Selvíria-MS e demarcação da área experimental de aproximadamente 170 ha, situada em uma Área de empréstimo.

A classificação climática na região de estudo, segundo Köppen, é AW, caracterizado como tropical úmido com estação chuvosa no verão e seca no inverno, estando a umidade relativa dos meses mais chuvosos entre 60 e 80%. A temperatura média anual nesta região é de 22,4 °C e a precipitação média anual registrada foi de 1354 mm (Rolim *et al.*, 2007; Damião *et al.*, 2010). O solo local é classificado como latossolo vermelho distrófico, típico argiloso, à moderado, hipidistrófico, álico, caulínítico, férrico, compactado, muito profundo, moderadamente ácido (EMBRAPA, 2006).

Por ser uma espécie dioica (Allem, 1991), os indivíduos foram amostrados e separados por sexo totalizando 401 espécimes, sendo 188 árvores femininas e 213 árvores masculinas (Figura 4). Todas as árvores amostradas foram identificadas e georeferenciadas com auxílio de GPS (III-Garmin, EUA).



**Figura 4:** Indivíduos de *A. fraxinifolium* amostrados e separados em masculinos, femininos (matrizes) dentro da área experimental.

## 4.2. Métodos

### 4.2.1. Amostragem dos caracteres silviculturais

A medição da altura (ALT) das árvores foi realizada utilizando o equipamento hipsômetro modelo Vertex IV da marca Haglöf baseado em sistema ultrassom (Figura 6). A estimativa do caráter DAP foi realizada a partir da conversão da circunferência à altura do peito CAP, convencionalmente à 1,30 m, dividindo o valor mensurado por  $\pi$  (3,14), o procedimento foi realizado com fita métrica tradicional. A sexagem ou proporção sexual da população em estudo foi realizada a partir da observação visual do florescimento das árvores.



**Figura 5:** Hipsômetro modelo Vertex IV baseado em sistema ultrassom para medição da altura das árvores (Fonte: Santos, 2018)

#### 4.2.2. Coleta de material vegetal e extração de DNA

A coleta de folhas para a extração do DNA foi realizada entre a fase juvenil e o período deiscente. Diante disto, coletou-se tecidos foliares de 384 árvores (Figura 7), separando-as em sacos de papel e armazenando em sílica para remoção da umidade (Figura 8). Posteriormente, as folhas foram picotadas e maceradas utilizando nitrogênio líquido.



**Figura 6:** Coleta de folhas de *A. fraxinifolium* com auxílio de podão.

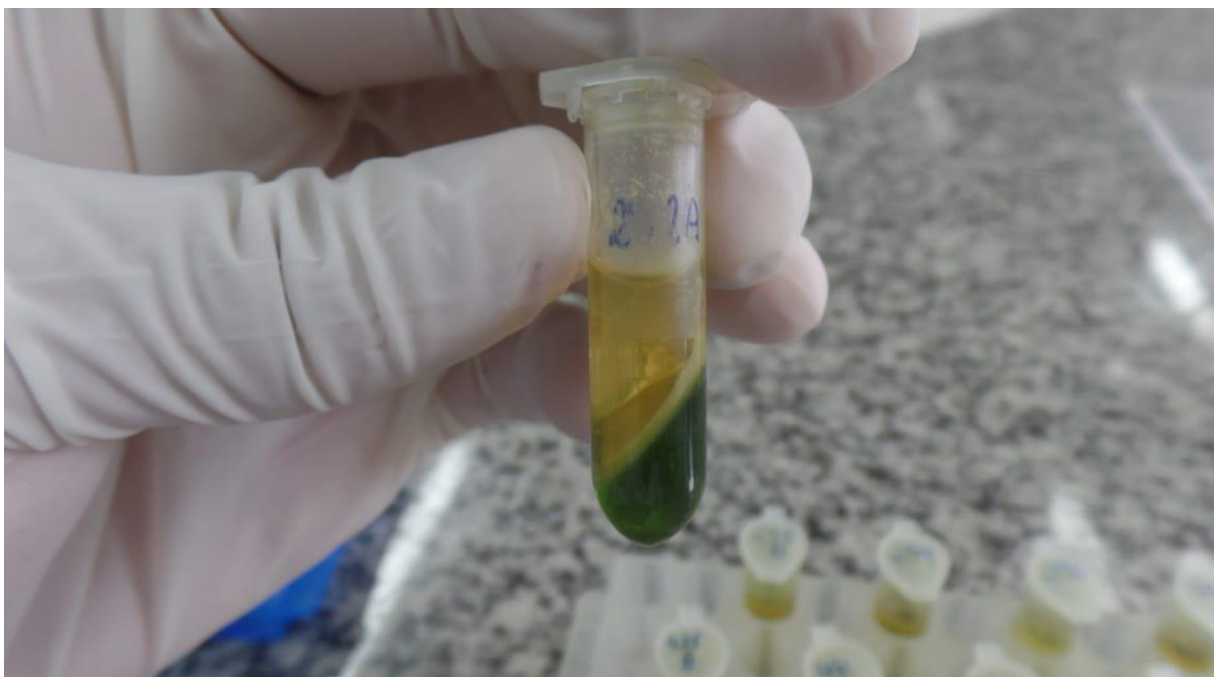


**Figura 7:** Armazenamento de folhas de *A. fraxinifolium* em sacos de papel para armazenamento em sílica e perda de umidade.



**Figura 8:** Folhas de *A. fraxinifolium* secas e prontas para picotagem e posterior extração de material genético.

Para extração do DNA genômico empregou-se o protocolo proposto por Doyle & Doyle (1990), adaptado utilizando CTAB e BSA (Figura 9). Em seguida, quantificou-se em NanoDrop ND-1000 *Spectrophotometer* (NanoDrop Products, DE, USA). Para verificação de sua integridade, realizou-se corrida em géis de agarose 3,5% com TBE (1x), com tensão constante de 120V (Figuras 10 e 11).



**Figura 9:** Extração do material genético (DNA) empregando-se o protocolo de Doyle & Doyle, (1990) adaptado.



**Figura 10:** Quantificação em NanoDrop ND-1000 – Spectrophotometer (NanoDrop Products, DE, USA) das amostras de DNA extraídas de *A. fraxinifolium*.

Uma vez quantificado o DNA, procedeu-se a amplificação de regiões de microssatélites através de reações da polimerase em cadeia (PCR), sempre realizado testes em géis de agarose 3,5% e submetendo a eletroforese para constatar a integridade e eficiência da amplificação. As amplificações foram efetuadas utilizando os conjuntos de iniciadores (*primers*) desenvolvidos por Cornacini *et. al* (a ser publicado). A reação de amplificação de 10 $\mu$ L foi realizada utilizando-se 1  $\mu$ L DNA genômico (aprox. 50 ng), 5 $\mu$ L de GoTaq Master Mix<sup>®</sup> (2x)(Promega/Cat. #M7133), 0,3  $\mu$ L de *primer forward* (2 pmol), 0,3  $\mu$ L de *primer reverse* (8 pmol) e 0,3  $\mu$ L de *primer* fluorescente com cauda M13 (8 pmol; 6FAM, VIC, PET, ou NED, *Applied Biosystems*), 0,5  $\mu$ L de BSA (*Bovine Serum Albumin*), 0,5  $\mu$ L de Cloreto de Magnésio e 2,6  $\mu$ L de água ultrapura Milli-Q autoclavada.

As reações de amplificação para todos os iniciadores foram realizadas em termociclador marca Eppendorf e programados nas seguintes condições: passo inicial de desnaturação a 96 °C durante 5 min, seguido de 35 ciclos de amplificação (96°C [1 min], 2 min a temperatura específica de anelamento de cada par de *primer*, 72° C por 2 min, seguido por 12 ciclos de 96 °C por 1 min, 53 °C por 2 min, 72 °C por 2 min e um passo de alongamento final a 72 °C durante 30 min. As amplificações foram realizadas utilizando um Mastercycler (Eppendorf, Hamburgo, Alemanha). O produto final da PCR foi submetido à eletroforese capilar no sequenciador automático ABI3130xl *Genetic Analyzer* (*Applied Biosystems*), junto ao marcador GeneScan 500 LIZ (*Applied Biosystems*). A leitura dos genótipos foi realizada com o *software* GeneMapper v.5.0 (*Applied Biosystems*).

#### 4.2.3. Parâmetros silviculturais e seleção

As estimativas de componentes de variância e parâmetros genéticos dos caracteres silviculturais ALT e DAP foram obtidos com base no procedimento - REML/BLUP (máxima verossimilhança restrita/melhor predição linear não viciada), empregando-se o *software* genético-estatístico SELEGEN-REML/BLUP, desenvolvido por Resende (2007b), seguindo o procedimento proposto por Resende (2002 e 2007a) em seu modelo 58, para tanto realizou-se a análise empregando a equação:

$$\mathbf{Y} = \mathbf{X}\mathbf{u} + \mathbf{Z}\mathbf{g} + \mathbf{W}\mathbf{l} + \mathbf{T}\mathbf{c} + \mathbf{e}$$

Em que  $\mathbf{Y}$  é o vetor de dados,  $\mathbf{u}$  é o escalar referente à média geral,  $\mathbf{g}$  é o vetor dos efeitos genotípicos (assumidos como aleatórios),  $\mathbf{l}$  é o vetor dos efeitos de linha (assumidos como aleatórios),  $\mathbf{c}$  é vetor dos efeitos de coluna (aleatórios) e  $\mathbf{e}$  é o vetor de erros ou resíduos (aleatórios). As letras maiúsculas representam as matrizes de incidência para os referidos efeitos. A estimativa do Índice de seleção dos indivíduos com alto valor genético (BLUP), dentro da população em estudo também se deu a partir do “modelo 58”, do SELEGEN.

A partir desse modelo matemático 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 parcelas individuais no sentido amplo;  $CV_g$  coeficiente de variação genotípica;  $CV_e$  coeficiente de variação residual;  $CV_r$  coeficiente de variação relativa;  $\hat{m}$  média geral. (Resende, 2007a). Para a realização destas análises estatísticas, utilizou-se como base a herdabilidade média do genótipo ( $\hat{h}_g^2$ ) determinada por Cornacini (2016).

#### 4.2.4. Proporção Sexual

A proporção sexual entre os indivíduos masculinos e femininos dentro da população, foi analisada segundo o teste estatístico de qui-quadrado ( $\chi^2$ ) (Opler & Bawa, 1978). por meio da equação:

$$\chi_k^2 \equiv \sum_{j=1}^n \frac{(O_j - E_j)^2}{E_j},$$

Onde a ( $\sum$ ) somatória do quadrado da diferença entre os indivíduos masculinos ( $O_j$ ) e femininos ( $E_j$ ) dividido pelos indivíduos femininos ( $E_j$ ).

#### 4.2.5. Diversidade genética e endogamia

A diversidade genética foi caracterizada por loco e, em média, em todos os locos utilizando os seguintes índices: número médio de alelos por loco ( $k$ ), riqueza alélica ( $R$ ), heterozigosidade observada ( $H_o$ ) e heterozigosidade esperada ( $H_e$ ) segundo as proporções

esperadas do equilíbrio de Hardy-Weinberg (HWE). A presença de endogamia em todas as gerações amostradas foi avaliada pelo índice de fixação ( $F$ ) dentro da população. A significância estatística dos valores foi testada pela utilização de reamostragem por permutação de alelos entre indivíduos. Tais análises foram realizadas utilizando o programa FSTAT (Goudet, 1995).

#### 4.2.6. Estrutura genética espacial

A análise da estrutura genética que corresponde à distribuição espacial das árvores na população de *A. fraxinifolium* Schott, foi realizada a partir das estimativas do coeficiente de coancestria ( $\hat{\theta}_{xy}$ ) calculado pela estimativa de coancestria proposta por Nason e descrito em Loiselle *et al.*, (1995). Estas estimativas foram obtidas entre pares de árvores dentro de classes de distâncias previamente determinadas para cada alelo  $k$  em cada par de indivíduos,  $x$  e  $y$ , como:

$$\hat{\theta}_{xy} = \frac{\sum l \sum k (p_{xlk} - \bar{p}_{lk})(p_{ylk} - \bar{p}_{lk})}{\sum l \sum k (1 - \bar{p}_{lk})\bar{p}_{lk}} + \left[ \sum l \frac{1}{(2n_l - 1)} \right]$$

em que:  $p_{xlk}$  e  $p_{ylk}$ : frequências do alelo  $k$ , no loco  $l$ , nos indivíduos  $x$  e  $y$  (assumindo valores de 0, 0,5 e 1 em indivíduos homozigóticos para o alelo alternativo, heterozigóticos e homozigóticos para o alelo sob consideração, respectivamente) e  $\bar{p}_{lk}$ : média da frequência do alelo  $k$ , no loco  $l$  da população com  $n_l$  (número de possíveis combinações entre todos os indivíduos de uma determinada classe de distância) no loco  $l$ .

A significância estatística do coeficiente  $\theta_{xy}$  foi obtida comparando os limites do intervalo de confiança a 95% de probabilidade da estimativa média  $\theta_{xy}$  para cada classe de distância, calculado por permutação de indivíduos entre classes genotípicas. Os coeficientes de coancestria e o erro padrão foram estimados usando o programa SPAGeDi versão 1.3 (Hardy & Vekemans, 2002).

#### 4.2.7. Tamanho efetivo populacional

O tamanho efetivo populacional ( $N_e$ ) foi calculado usando o estimador de Cockerham (1969) modificado por Bittencourt & Sebbenn (2007):

$$\hat{N}_e = \frac{0.5}{\hat{\theta}_{xy}((n-1)/n) + ((1+Fp)/2n)}$$

onde  $n$  é o número total de indivíduos na população,  $F_p$  é o coeficiente de endogamia na população, e  $\hat{\theta}_{xy}$  é a coancestria do grupo, calculado seguindo a abordagem para espécies dioicas proposta por Lindgren & Mullin (1998):

$$\hat{\Theta}_{xy} = \frac{\sum_{x=1}^{n_f} \sum_{y \neq 1}^{n_f} \hat{\theta}_f}{4n_f^2} + \frac{\sum_{x=1}^{n_m} \sum_{y \neq 1}^{n_m} \hat{\theta}_m}{4n_m^2} + \frac{\sum_{x=1}^{n_f} \sum_{y=1}^{n_m} \hat{\theta}_{fm}}{2n_f n_m},$$

Onde  $y_f$ ,  $y_m$  e  $y_{fm}$  são os coeficientes de coancestria entre fêmeas, machos e machos e fêmeas juntos, respectivamente, e  $n_f$  e  $n_m$  são o número de árvores femininas e masculinas.

## 5. RESULTADOS E DISCUSSÃO

### 5.1. Parâmetros genéticos dos caracteres silviculturais.

Os caracteres silviculturais altura (ALT) e diâmetro a altura do peito (DAP) (Tabela 1) obtiveram média geral de 11,31 m e 26,15 cm, respectivamente. Entre os indivíduos femininos, os valores foram de 11,67 m e 23,92 cm já para os indivíduos masculinos, os valores foram de 10,91 m e 25,72 cm respectivamente. Estes valores revelam diferenças significativas se observadas e comparadas entre testes de procedências e progênies de *A. fraxinifolium* naturais de populações em solo não degradado da mesma região, onde os caracteres ALT e DAP obtiveram médias gerais de 9,08 m para ALT e 11,12 cm para o DAP (Cornacini, 2016). Tais valores superiores provavelmente devem-se ao potencial genético e produtivo da espécie, selecionado ao longo das gerações dentro da área degradada em estudo, tendo em vista que as condições climáticas em ambos os locais, de ocorrência natural e do plantio, são semelhantes.

**Tabela 1:** Componentes de variância e parâmetros genéticos dos caracteres altura (ALT, m) e diâmetro à altura do peito (DAP, cm) em uma população natural de *A. fraxinifolium*, localizada em área degradada de Cerrado.

Parâmetros	População		Árvores Femininas		Árvores Masculinas	
	Altura (m)	DAP (cm)	Altura (m)	DAP (cm)	Altura (m)	DAP (cm)
$\hat{\sigma}_g^2$	6.93	56.28	7.38	57.89	6.45	48.10
$\hat{\sigma}_e^2$	1.45	7.20	1.40	6.32	1.25	6.55
$\hat{\sigma}_f^2$	10.06	167.72	10.77	99.59	8.34	173.18
$\hat{h}_g^2$	0.69 ± 0.13	0.33 ± 0.09	0.68 ± 0.18	0.58 ± 0.17	0.77 ± 0.19	0.28 ± 0.11
$CV_{gi} (\%)$	23.27	28.69	23.28	31.81	23.28	26.96
$\hat{m}$	11.31	26.15	11.67	23.92	10.91	25.72

$\hat{\sigma}_g^2$ : componente de variância associada ao fator genotípico,  $\hat{\sigma}_e^2$ : componente de variância experimental,  $\hat{\sigma}_f^2$ : componente de variância associada ao fator fenotípico,  $CV_{gi} (\%)$ : coeficiente de variação associado ao genótipo,  $\hat{h}_g^2$ : herdabilidade individual no sentido amplo, ou seja, dos efeitos genotípicos totais,  $\hat{m}$ : média geral.

Se comparados com dados incrementados de altura (9,73 a 10,81 m) e DAP (10,08 a 11,18 cm) de *A. fraxinifolium* em uma população após desbaste, a população natural demonstra estar selecionada para os caracteres em estudo uma vez que estes, altura e DAP, demonstram ser superiores. Para promover ganho e desenvolvimento em altura e DAP em testes de progênes, melhoristas e pesquisadores correntemente realizam desbastes seletivos dentro das populações experimentais, objetivando a eliminação dos indivíduos com genótipos inferiores dentro de cada repetição e evidenciando indivíduos com melhores resultados nestes caracteres como potenciais candidatos à programas de melhoramento genético da espécie (Cambuim, 2017).

Os valores inferidos para a população natural são significativamente maiores se comparados com progênes em plantio puro aos 19 anos de idade, onde as médias encontradas para os caracteres altura (9,34 m) e DAP (6,03 cm) são relativamente inferiores em relação a outros trabalhos na literatura (Araujo *et al.*, 2014). Tal informação é relevante aos estudos com a espécie, pois ao realizar plantios puros, deve-se ater à biologia da espécie e ao seu comportamento quando adensadas em diferentes espaçamentos.

A variância genotípica ( $\hat{\sigma}_g^2$ ) é considerada um parâmetro fundamental para determinar a resposta de seleção destes e outros caracteres em estratégias que envolvam reprodução e melhoramento, ela é diretamente afetada por variações no genótipo enquanto a variância

fenotípica ( $\hat{\sigma}_f^2$ ) por sua vez, é afetada por efeitos ambientais como fatores nutricionais ou climáticos e por efeitos não aditivos, consistindo em uma fonte de erros capaz de reduzir a precisão experimental (Pupin *et al.*, 2017b). Os valores de variância genotípica ( $\hat{\sigma}_g^2$ ) (Tabela 1), para o caráter ALT foram de 6,93 para a população e de 7,38 e 6,45 para as subpopulações de árvores femininas e masculinas, respectivamente. Os coeficientes de variância fenotípica ( $\hat{\sigma}_f^2$ ), foram de 10,06 para a população e de 10,77 e 8,34 para as subpopulações de árvores femininas e masculinas.

Os valores para variância genotípica ( $\hat{\sigma}_g^2$ ) para o caráter DAP foram de 56,28 para a população e de 57,89 e 48,10 para árvores femininas e masculinas respectivamente. A variância fenotípica ( $\hat{\sigma}_f^2$ ) por sua vez, indicou valores de 167,72 para a população e 99,59 e 173,18 para as subpopulações femininas e masculinas, respectivamente. Estas estimativas indicam existir variabilidade genética com possibilidade para obter ganhos com a seleção das plantas. Os coeficientes de variação genotípicos ( $CV_{gi}(\%)$ ) foram de 23,27% para ALT e 28,69% para o DAP dentro da população; 31,81% e 23,28% para as árvores femininas, e de 23,28% e 26,96% para as árvores masculinas. Valores altos de  $CV_{gi}(\%)$  são importantes pois mostram base genética ampla e reduzem a probabilidade de a população entrar em endogamia, o que seria prejudicial para a mesma ao longo das gerações. Quanto maior o valor de  $CV_{gi}(\%)$ , maiores serão as chances de encontrar indivíduos superiores, ou com maiores valores para os caracteres. De modo que para um estudo de melhoramento, a população se mostra com alto potencial para a seleção (Miranda *et al.*, 2015).

Estes resultados também inferem que, embora as condições ambientais tenham incidido efeito expressivo sobre as progênies, elas não foram suficientes para suprimir a expressão da variabilidade genética devido a ampla base genética da população (Pupin *et al.*, 2017b). Por ser uma população natural, os indivíduos de *A. fraxinifolium* Schott estão sujeitos a uma competição multi-espécie, o que segundo os autores, pode ter contribuído para obtenção de elevados  $CV_{gi}(\%)$ .

Em estudos com progênies de *Astronium graveolens*, embora não fossem detectadas diferenças significativas entre progênies em sua análise de variância para nenhum dos caracteres avaliados, o coeficiente de variação genética foi alto para o caráter DAP (21,2%) e baixo para altura (8,2%), indicando que o caráter DAP expressou maior variação genética entre progênies, ou seja, possui maior potencial para seleção (Araújo *et al.*, 2014). Este resultado corrobora com o proposto neste trabalho, evidenciando o potencial de seleção que o caráter DAP possui para futuros melhoramentos da espécie.

Neste contexto, ao estimar a variabilidade genética para caracteres silviculturais em um teste de progênies misto, combinando as espécies *Myracrodruon urundeuva*, *A. fraxinifolium* e *Terminalia argentea*, Otsubo *et al.*, (2015) relatam que há presença de variabilidade genética detectada para altura e DAP em *A. fraxinifolium*. Essa variação genética entre as progênies também foi confirmada pelas estimativas de coeficiente de variação genética ( $CV_{gi}$ ) superiores a 10% e acima do coeficiente de variação experimental. Estas estimativas obtidas para as progênies de *A. fraxinifolium* revelam situação desejável para a seleção e ótimas perspectivas para serem utilizadas em programa de melhoramento genético.

A herdabilidade ( $h_g^2$ ) para a população apresentou valor de 0,69 para altura e 0,33 para o DAP. Para as árvores femininas estimou-se valores de 0,68 para altura e 0,58 o DAP, para as masculinas, 0,77 e 0,28, respectivamente. Altos valores de herdabilidade indicam forte controle genético e a possibilidade de obter-se ganhos genéticos população, pela seleção de árvores matrizes (Zaruma *et al.*, 2015).

Estes valores estão de acordo com outros encontrados na literatura, que indicam que os caracteres altura e DAP foram os que apresentaram maiores valores para as estimativas de herdabilidade, acurácia e coeficiente de variação relativa em teste de progênies de Gonçalo-Alves, sugerindo o uso destes no processo de seleção individual, o que levaria a exploração de modo mais adequado por garantir a obtenção de ganhos significativos ao longo de gerações de seleção (Cornacini, 2016; Cambuim, 2017).

Comparativamente a outras espécies nativas do bioma Cerrado como o Baru (*Dipteryx alata*), Canuto *et al.*, (2015) registrou valores de 0,64 para altura e 0,53 para DAP sugerindo que tal fato é esperado quando se assume as progênies como sendo de meios irmãos. Já Silva *et al.*, (2015a) considerando tais caracteres silviculturais, observaram valores de 0,83 e 0,74, respectivamente, para herdabilidade. Enquanto Miranda *et al.*, (2015) descreveram coeficientes de herdabilidade em nível de médias de progênies acima de 0,90 para os caracteres ALT e DAP, indicando que grande parte da variação fenotípica total e média entre progênies é de origem genética e que, portanto, o controle genético dos caracteres é alto e existe grande possibilidade de alterar a média populacional pela seleção de progênies.

Os resultados inferidos neste trabalho em relação aos caracteres silviculturais analisados, reforçam o perfil da população de *A. fraxinifolium* presente na área degradada como viável geneticamente para a regeneração natural da área e elegível para produção de matrizes e coleta de sementes, evidenciando o potencial natural que a espécie possui mesmo em local adverso ao seu pleno desenvolvimento, tornando-se eletiva para ganhos em altura e diâmetro por parte de suas árvores em futuras gerações em potenciais programas de melhoramento.

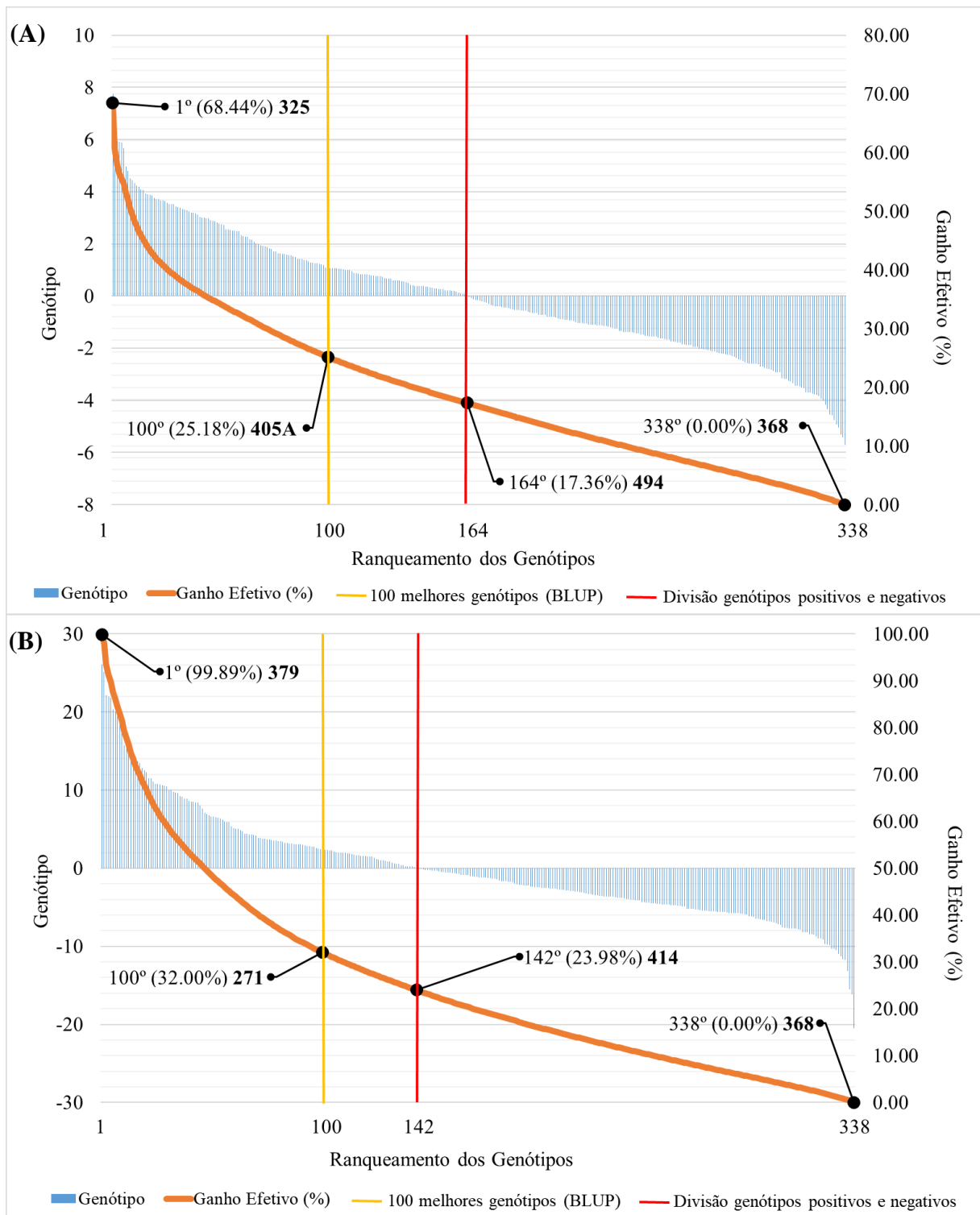
## 5.2. Seleção de indivíduos com alto valor genético.

Pesquisas desenvolvidas com o auxílio dos softwares estatísticos vêm gerando a possibilidade de ganhos genéticos importantes nos programas de melhoramento com base na seleção por índices. Desta forma, o método BLUP se mostra eficaz com a seleção de progênies ou indivíduos nativos com elevado desempenho em campo e predição genética promissora, consistindo em boa opção a ser utilizada no setor florestal (Freitas *et al.*, 2013; Reis *et al.*, 2015; Yokomizo *et al.*, 2016).

Para cada população, porém, recomenda-se que seja feita uma seleção apropriada, pois além de proporcionar eficiência no ganho, mantém-se uma alta diversidade genética da população de origem, ou seja, condições ideais para o melhoramento genético (Miranda *et al.*, 2015). Neste sentido, se propôs um índice de seleção para a população de *A. fraxinifolium* Schott com base nos caracteres altura e diâmetro à altura do peito (DAP), subdivididos em população total, indivíduos femininos e indivíduos masculinos.

A seleção dos melhores indivíduos em uma população natural ou teste de progênies deve ser realizada de acordo com a necessidade estipulada pelo estudo, sendo esta conservação, melhoramento, plantio comercial, pomar de sementes ou banco ativo de germoplasma (BAG) onde o número e posição dos indivíduos selecionados de acordo com o *ranking* proposto inferirá diretamente no resultado final. Valores positivos do genótipo indicam possibilidade de uma seleção individual incrementando ganhos em uma próxima geração, ao passo que valores negativos auxiliam na perda deste incremento.

O ganho de seleção para a população total predisse 17,36% para o caráter altura (ALT) e 23,94% para o caráter diâmetro à altura do peito (DAP) quando selecionada a totalidade dos indivíduos de valor genotípico positivo, equivalente a 50% da população (Figura 11-A). Para os 100 melhores genótipos, representando 30% das árvores em estudo, o ganho de seleção predisse valores de 25,18% para altura e 32% para DAP (Figura 11-B). Os valores completos do índice de seleção encontram-se no Apêndice 1 para altura e 2 para DAP.



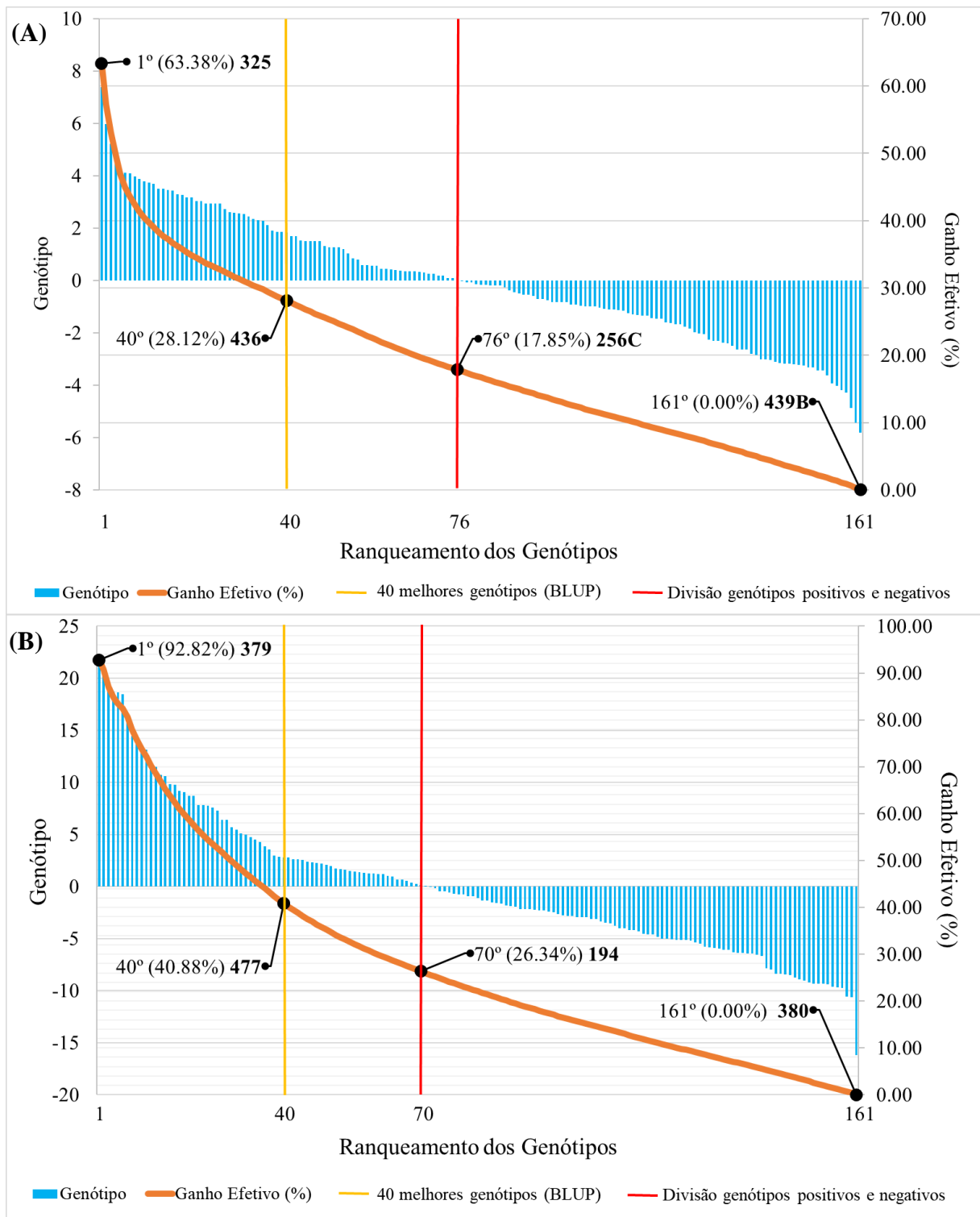
**Figura 11.** Seleção de indivíduos com alto valor genético (BLUP) baseado nos caracteres (A) altura (ALT) e (B) diâmetro à altura do peito (DAP) para a população amostrada total de *A. fraxinifolium* em área degradada de Cerrado.

Comparativamente, dados de um índice de seleção de *M. urundeuva* revelando ganho de 15,84% para a intensidade de 50% das árvores matrizes estudadas, contribuem para a manutenção de uma representatividade adequada da variabilidade genética observada nesta população base. Tal perspectiva é de grande importância no auxílio a futuros programas de

conservação e melhoramento, transformando áreas em potenciais doadoras de sementes (Pupin *et al.*, 2017a).

Objetivando-se porem a produção, estudos indicam a seleção de reduzidos números amostrais. No melhoramento dos frutos de *A. aculeata* para a produção de óleo, Costa (2016) estimou ganho genético de 61% ao selecionar os 30 melhores indivíduos em seu estudo tencionando o estabelecimento de um pomar de sementes. A medida adotada visa o melhoramento da espécie para utilização em plantios comerciais, ademais dos ganhos em produtividade, estes resultados podem auxiliar em pesquisas com viés conservacionista, uma vez que o ganho genético proporcionará matrizes com maior produção de frutos e em teoria melhores sementes, demonstrando a eficácia e a ampla utilização dos índices de seleção.

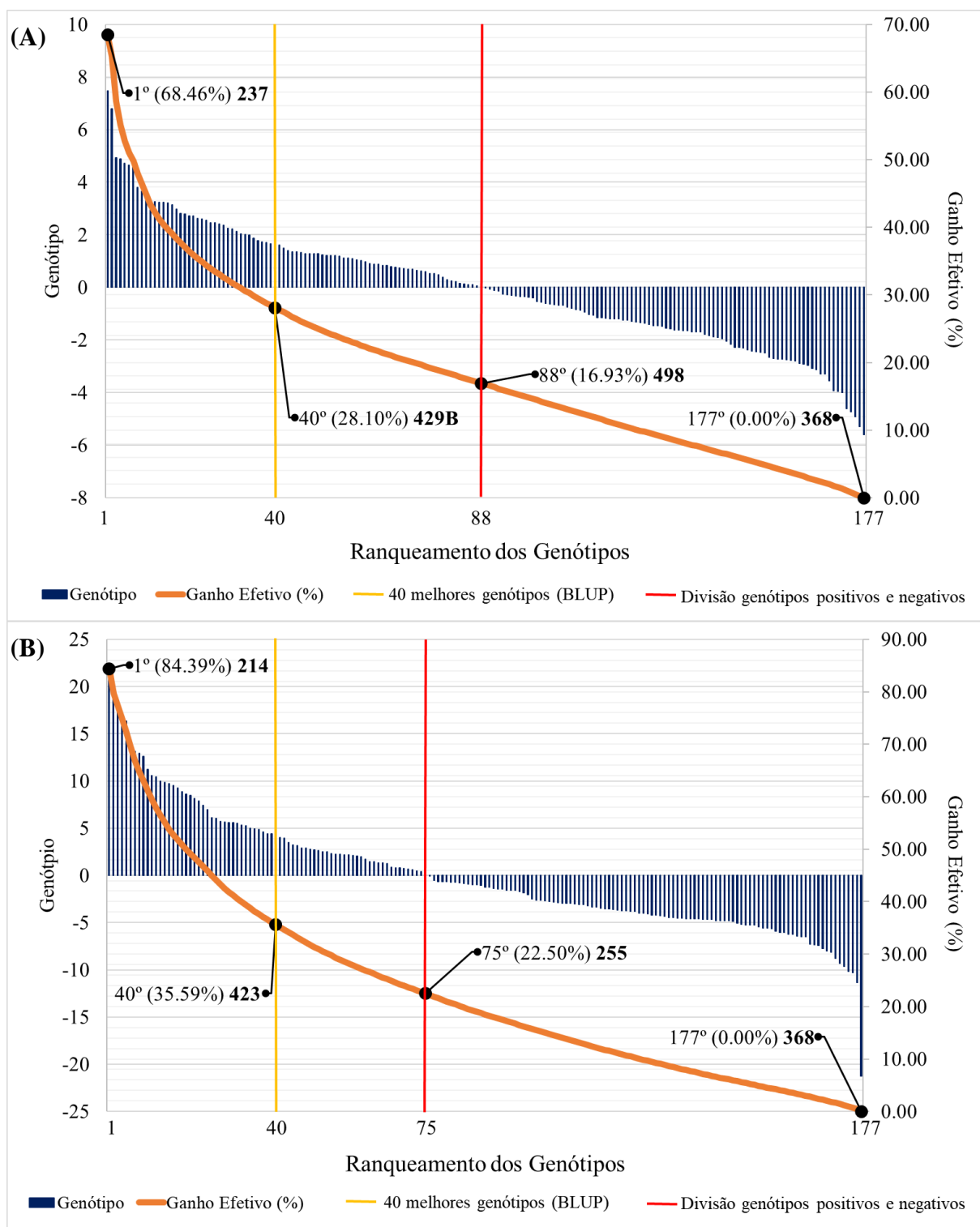
Quando analisados separadamente, o ganho para os indivíduos femininos predisse 17,85% para os 76 indivíduos de valor genotípico positivo e de 28,12% para os 40 melhores indivíduos em relação ao caráter altura (Figura 12-A). Para o caráter DAP, o ganho foi de 26,34% para os 70 genótipos positivos e 40,88% para os 40 melhores (Figura 12-B). Este resultado indica o caráter DAP como melhor candidato à possíveis programas de melhoramento ou para coleta de sementes se consideradas apenas árvores femininas. Os valores completos do índice de seleção feminino podem ser encontrados nos Apêndices 3 para altura e 4 para DAP.



**Figura 12.** Seleção de indivíduos com alto valor genético (BLUP) baseado nos caracteres (A) altura (ALT) e (B) diâmetro à altura do peito (DAP) para a população feminina amostrada de *A. fraxinifolium* em área degradada de Cerrado.

Para os indivíduos masculinos, houve predição de ganho de 16,93% para os 88 indivíduos com genótipo positivo e 28,10% para os 40 melhores genótipos quando avaliado o caráter altura (Figura 13-A). O caráter DAP revelou ganho de 22,5% para os 75 genótipos positivos e 35,59% para os 40 melhores (Figura 13-B). Estes valores são importantes

indicadores para futuras seleções envolvendo o melhoramento e ganhos em produção envolvendo o caráter DAP. Os valores completos do índice de seleção masculino podem ser encontrados nos Apêndices 5 para altura e 6 para DAP.



**Figura 13.** Seleção de indivíduos com alto valor genético (BLUP) baseado nos caracteres (A) altura (ALT) e (B) diâmetro à altura do peito (DAP) para a população masculina amostrada de *A. fraxinifolium* em área degradada de Cerrado.

A seleção de ambos os sexos em espécies dioicas é de grande importância, uma vez que embora apenas indivíduos de sexo feminino tendem a ser responsáveis pela produção e dispersão de frutos e sementes, aos indivíduos masculinos fica incumbido o papel de acrescentar às gerações vindouras material genético diversificado, possibilitando o contínuo progresso e evolução da população, garantindo, a nível de indivíduo, ganhos genéticos significativos e excelentes possibilidades para seleção. (Assunção *et al.*, 2015). Neste sentido, a seleção por índices em indivíduos masculinos tem por objetivo compreender e identificar potenciais doadores de pólen dentro da população, identificando nas seguintes gerações o parentesco entre indivíduos e traçando estratégias para melhoramento.

Por *A. fraxinifolium* possuir dispersão anemocórica e polinização entomófila, estes resultados possibilitam uma melhor precisão para futuras coletas de sementes, uma vez que com indivíduos identificados e georeferenciados dentro da população, adjunto ao conhecimento quantitativo e molecular, há possibilidade do direcionamento de coletas de sementes ou material reprodutivo por parte dos pesquisadores e melhoristas, promovendo assim maior chance de ganhos, conhecimento sobre as gerações e o desenvolvimento de históricos de cruzamentos.

## 5.2. Proporção sexual entre indivíduos.

A proporção sexual da população natural de *A. fraxinifolium* se mostrou em 1,13:1 (Tabela 2), indicando que para cada exemplar feminino, encontra-se nesta população 1,13 exemplares masculinos. A partir do teste do qui-quadrado ( $X^2 = 0,21$ ), possibilitou-se inferir que esta população se encontra em equilíbrio de 1:1 a 5% de significância, cujo valor não é considerado significativo.

**Tabela 2:** Proporção sexual de *A. fraxinifolium* amostrados em uma população natural localizada em área degradada de Cerrado.

Parâmetros	Estimativas
$N_f$	188
$N_m$	213
$N$	401
$N_m:N_f$	1.13:1
$X^2$	0.21 <sup>ns</sup>

$N_f$  : Número censo de fêmeas,  $N_m$  : número censo de machos,  $N$  : número censo,  $N_m:N_f$  : proporção sexual,  $X^2$ : teste do qui-quadrado, <sup>ns</sup>: não significativo.

O resultado observado vem de encontro à razão sexual esperada de 1:1 em espécies florestais tropicais dioicas, teorizado em estudo por Opler & Bawa (1978). Para tal feito, os

autores associaram tanto a mortalidade quanto a maturidade reprodutiva como contribuintes para as proporções do sexo observada em múltiplas espécies, principalmente por as razões serem constantes de uma para outra na maioria dos casos relatados.

Árvores de *A. fraxinifolium* em testes de progênies, também expressaram uma proporção sexual próxima ao equilíbrio (1,8:1), sendo, 1,8 indivíduo do sexo masculino para cada árvore do sexo feminino (Cambuim, 2017). A proporção observada neste experimento harmoniza com a observada no presente estudo, demonstrando estabilidade dentro da população, sendo este fator importante para a biologia da espécie e sua reprodução em uma área fortemente impactada e carente de recursos.

Para algumas espécies arbóreas, no entanto, há tendência de um maior número de indivíduos masculinos nas extremidades das classes de área basal, menores e maiores, como encontradas em *Amaioua guianensis* em mata de Cerrado, tais resultados porem não indicam significativamente diferenças entre os sexos, revelando concordância com as proporções de 1:1 (Amorim & Oliveira, 2006).

Todavia, progênies de *M. urundeuva* em diferentes biomas e testes de progênies, demonstraram razão de cinco indivíduos masculinos para cada indivíduo feminino, com média de três masculinos para um feminino. Tal média de proporção observada difere significativamente de 1:1, indicando que o número de plantas com o florescimento masculino e o número de plantas com o florescimento feminino não é proporcional nos locais estudados e sinalizando distúrbios dentro das populações e a não adaptação aos locais onde se encontram (Bertonha *et al.*, 2016; Sant'ana, 2017).

O fator antrópico pode ser evidenciado também em levantamento com *Mauritia flexuosa* onde observou-se proporção de 1,36 indivíduos femininos para cada indivíduo masculino. Este valor apesar da hipótese de 1:1 entre os morfos sexuais não ser rejeitada nas populações analisadas, indica a tendência no aumento dos indivíduos femininos (Gomes *et al.*, 2013).

Por fim, estes resultados, em concordância com a literatura, indica a possibilidade em se afirmar positivamente para um equilíbrio populacional de *A. fraxinifolium*, revelando grande potencial para continuar se estabelecendo e recuperando a área degradada em que se encontra de forma natural e longânime.

### **5.3. Diversidade genética e índice de fixação.**

A análise de DNA de 386 genótipos amostrados da população natural de *A. Fraxinifolium* detectou 101 alelos. Verificou-se a presença de alelos por loco (*k*) na ordem de 15 alelos para o primer GA02, e de 17, 16, 12, 14, 09, 08 e 10 para os primers GA03, GA04, GA05, GA06, GA07, GA08 e GA09, respectivamente (Tabela 3). O número de alelos por loco

variou de 8 (Ga\_08) a 17 (Ga\_03), com uma média de 12 alelos por loco. O número médio de alelos ( $\hat{A}_e$ ) foi de  $5,08 \pm 1,2$  e a estimativa média da riqueza alélica média ( $R$ ) de  $12,5 \pm 3,3$ .

**Tabela 3:** Diversidade genética e índice de fixação em oito locos microssatélites de regenerantes de *A. fraxinifolium* em área degradada de Cerrado.

Loco	$n$	$k$	$R$	$\hat{A}_e$	$H_o$	$H_e$	$F$
Ga_02	364	15	15,0	7,45	0,769	0,866	0,113*
Ga_03	379	17	16,9	5,07	0,778	0,803	0,031
Ga_04	386	16	15,8	6,30	0,775	0,842	0,081*
Ga_05	386	12	11,7	4,33	0,5	0,769	0,351*
Ga_06	374	14	13,9	5,48	0,738	0,818	0,099*
Ga_07	381	09	9,0	3,95	0,74	0,747	0,010
Ga_08	385	08	8,0	4,50	0,701	0,778	0,099*
Ga_09	386	10	9,7	3,59	0,648	0,722	0,104*
<b>Média</b>	380	12,6	12,5	5,08	0,706	0,793	0,111*
<b>SD</b>	-	3,4	3,3	1,2	0,098	0,048	0,014
<b>Total</b>	-	101	-	-	-	-	-

$n$ : tamanho amostral,  $k$ : número total de alelos,  $R$ : riqueza alélica,  $\hat{A}_e$ : número médio de alelos,  $H_o$ : heterozigosidade observada,  $H_e$ : heterozigosidade esperada,  $F$ : índice de fixação, \*: Significativo à  $P < 0,05$ .

Corroborando com os resultados observados, estudos realizados em populações naturais de diversificadas espécies relatam respostas semelhantes, como 136 alelos com média geral de 5,9 por loco em *Croton linearifolius*, 111 Alelos, onde 92 (83%) mostraram-se polimórficos com número médio de alelos por loco de 10,1 em *Eugenia uniflora* em uma área degradada em estágio inicial de sucessão e 71 à 101 alelos em *Senna reticulata* (Aguiar *et al.*, 2013; Lima *et al.*, 2015; Silva *et al.*, 2018).

Em contraste, demais autores encontraram baixos valores em riqueza e diversidade alélica, como relatado por Bernardi (2015) ao avaliar 759 genótipos de *Podocarpus lambertii*, obtendo 13 locos possíveis de interpretação e um total de 35 alelos. Semelhantemente a Silva *et al.* (2016), relatando uma porcentagem de locos polimórficos e de número médio de alelos por loco de 0,5 e 1,5, respectivamente. Em populações de *Euterpe edulis*, as distribuições da variabilidade genética demonstraram apenas 42 alelos, com número médio de alelos por loco de 2,2 (Martins-Corder *et al.*, 2009).

Ademais, outros estudos testificam os dados observados neste trabalho, como Chagas *et al.*, (2015), ao detectarem 68 locos variando entre 8 e 14 locos por *primer*, com média de 11,3. Em estudos com uma população natural da *Copernicia prunifera*, foram detectados um total de 110 locos com variação entre 3 à 18 alelos por loco e média de 9,17 alelos por loco (Vieira *et al.*, 2015). A partir destes autores é possível considerar os números de locos e alelos observados neste estudo como relevantes para se estimar com confiabilidade os níveis de diversidade genética da população regenerante de *A. fraxinifolium*.

A heterozigosidade observada ( $H_o$ ) foi significativamente menor do que a heterozigosidade esperada ( $H_e$ ) em todos os locos e conseqüentemente, os valores do índice de fixação foram positivos e significativamente diferentes de zero para todos os locos, sugerindo forte endogamia. Utilizando a correção sequencial de Bonferroni (95%,  $\alpha = 0,05$ ), o índice de fixação foi significativamente diferente de zero em seis dos oito locos analisados (Tabela 3).

Nesse sentido, os resultados apresentados neste trabalho diferem significativamente se comparados aos encontrados na literatura para espécies impactadas ou antropizadas, como descrevem Silva *et al.*, (2016) que observaram valores médios para heterozigosidade observada ( $H_o$ ) de 0,34 à 0,40 em *Psidium guineense*, Martins-Corder *et al.*, (2009) de 0,25 em *Euterpe edulis*, Tiago *et al.*, (2018) em de 0,26 em *Hymenaea courbaril*, Bernardi (2015) de 0,043 em *Podocarpus lambertii*, Chagas *et al.*, (2015) de 0,19 em *Elaeis guineensis*, Costa *et al.*, (2015) de 0,18 em *Hancornia speciosa*, Hoeltgebaum *et al.*, (2015) em de 0,117 em *Varronia curassavica* e Santana (2016) que encontrou valores de diversidade genética variando de 0,18 à 0,47 em seu estudo com *Myrciaria tenella*.

Valores negativos são indicativo de heterozigosidade elevada enquanto seu inverso, representam a ocorrência de endogamia, deriva genética, efeito fundador aliado ao pequeno número de indivíduos e fixação de alelos deletérios, levando à redução da adaptabilidade da espécie nos casos em que a interação do gene da dominância prevalecer (Sebbenn *et al.*, 2000; Frankham *et al.*, 2006).

O nível médio de endogamia observada na população ( $F = 0,111$ ) pode representar cruzamento entre meios-irmãos ( $\theta_{xy} = 0,125$ ) nos parentais, já que a espécie *A. fraxinifolium* é dioica. Além disto, estes cruzamentos podem ter ocorrido devido a uma forte estrutura genética espacial (SGS) intrapopulacional nos parentais o que teria resultado no aumento de endogamia nesta população (Sebbenn *et al.*, 2011).

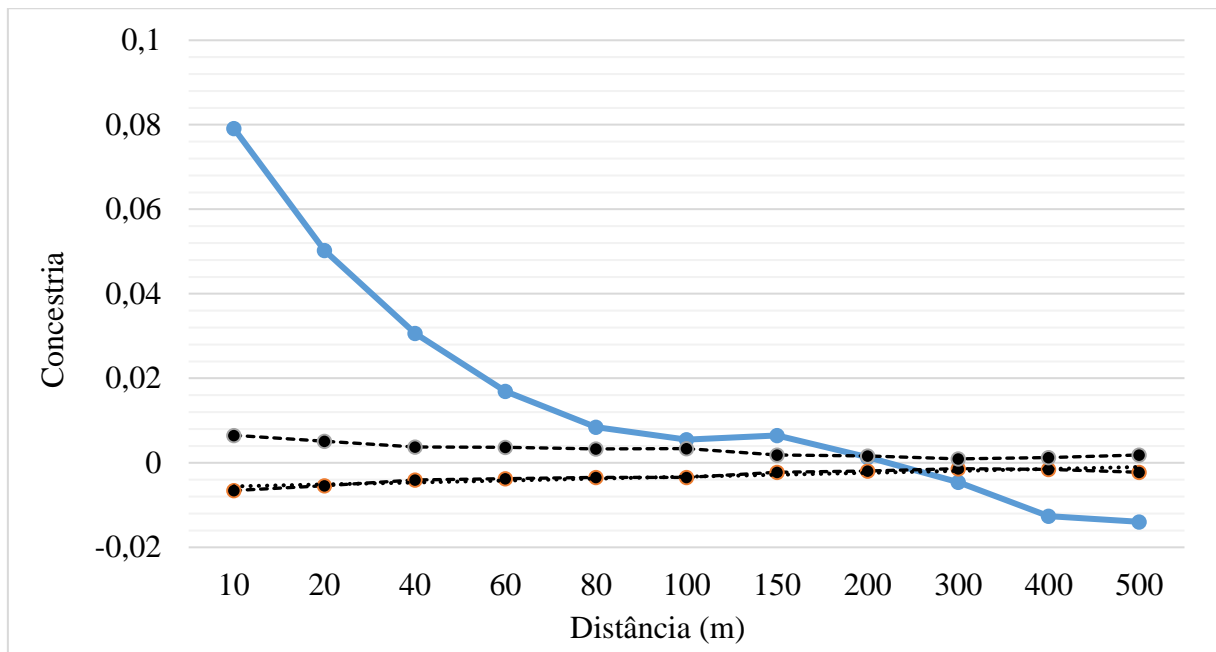
Altos níveis de endogamia também podem ser explicados pela presença de alelos nulos nos locos. Os alelos nulos aumentam o número de indivíduos supostamente homozigotos, visto que apenas um dos alelos amplifica em caso de plantas heterozigotas para o alelo nulo. No

entanto, os marcadores foram desenvolvidos a partir de genes expressos de cDNA o que seria difícil a ocorrência de apenas um alelo amplificado. Além disto, as análises realizadas no programa CERVUS 2.0 (Marshall *et al.*, 1998) não se observa a presença de frequências de alelos nulos altos ( $>0,05$ ) para serem excluídos e, portanto, podendo ser utilizados em análises de paternidade e de parentesco.

Os índices de diversidade gênica e de heterozigosidade indicam que tem ocorrido uma redução da diversidade genética na geração analisada, como observado pelos níveis de endogamia. Estes resultados estão em conforme com estudos em populações naturais de *C. langsdorffii* no Cerrado, sugerindo que a população é altamente endogâmica. No entanto, a baixa estimativa de coancestria de grupo observada pode ter promovido o aumento do tamanho efetivo da população, indicando a possibilidade de manutenção da diversidade genética na população ao longo das gerações (Carvalho & Oliveira, 2004).

#### **5.4. Estrutura genética espacial intrapopulacional.**

A análise da distribuição espacial das árvores revelou estrutura genética em fina escala dentro do fragmento, indicada por coeficientes de coancestria positivos significativos entre os regenerantes, dentro das classes de distância de 0 a 165m (Gráfico 5), sugerindo que árvores distantes entre si até estas distâncias possam ser parentes.



**Gráfico 1:** Correlograma do coeficiente médio de coancestria ( $\hat{\theta}_{xy}$ ) para (a) 11 classes de distância nos regenerantes de *A. fraxinifolium*. A linha contínua representa a estimativa do coeficiente de coancestria médio ( $\theta_{xy}$ ). As linhas tracejadas representam o intervalo de confiança a 95% da distribuição da média ( $\theta_{xy}$ ) calculada por 1.000 permutações da distância espacial entre pares de regenerantes.

Os coeficientes médios de coancestria para todos os pares de regenerantes, no âmbito da primeira classe de distância (10-20 m), foram estimados em 0,0791 e 0,050, respectivamente. Estes valores são estatisticamente diferentes de zero de acordo com o intervalo de confiança de 95%, abaixo do esperado entre meios-irmãos ( $\theta_{xy} = 0,125$ ) e acima do esperado entre primos de segundo grau ( $\theta_{xy} = 0,0325$ ).

Os valores dos coeficientes nas classes de distância superiores a 165 m diminuíram para próximo de zero alcançando valores negativos, o que sugere que em distâncias superiores a amostrada, os regenerantes podem não ser parentes. Portanto, a população de *A. fraxinifolium* apresentou uma forte estruturação genética detectada nos genótipos dos regenerantes (Gráfico 5), o que sugere que as sementes foram dispersas à uma curta distância.

Como esperado pelo modelo de isolamento por distância, o coeficiente de coancestria diminuiu progressivamente das primeiras classes de distância para as finais, o que indica que os indivíduos mais próximos (até 165 m) podem ser parentes. Estes padrões observados para a espécie no fragmento estudado estão associados com a dispersão restrita de sementes, que pode levar ao surgimento de indivíduos parentes estabelecidos próximos aos parentais, que, ao longo das gerações, podem resultar em altas taxas de mortalidade entre os indivíduos juvenis, devido à predação (Janzen, 1970). Diante disto, observa-se que possivelmente os parentais dos

regenerantes analisados podem estar geneticamente estruturados, o que ocasionou na dispersão de pólen a curtas distâncias e, portanto, resultando nos cruzamentos entre parentes.

### 5.5. Coeficiente de coancestria e tamanho efetivo populacional

O coeficiente de coancestria e o tamanho efetivo da população foi estimado para todas as 386 árvores cujo sexo foi determinado. O coeficiente médio de coancestria entre as fêmeas ( $\Theta_f$ ), machos e fêmeas ( $\Theta_{fm}$ ), e machos ( $\Theta_m$ ) foram 0,000032, 0,000365 e 0,001776, respectivamente. A coancestria média do grupo de árvores dentro da população foi baixa e positiva ( $\Theta = 0,002174$ ) (Tabela 4).

Valores superiores para coancestria foram observados em estudos com diversas populações naturais. Em *Bertholletia excelsa*, detectou-se coeficiente de coancestria ( $\theta$ ) de 0,026, em populações de *Handroanthus heptaphyllus* foram encontrados valores variáveis de 0,131 a 0,233 e em estudos com *Pterodon emarginatus*, coeficiente de 0,279, sendo os resultados obtidos representativos de alta divergência entre os indivíduos estudados (Mori *et al.*, 2015; Santos *et al.*, 2017; Pinto, 2017).

Com relação ao tamanho efetivo populacional, observou-se que das 386 árvores cujo sexo foi identificado neste estudo, 230 correspondem a indivíduos não parentes e não endogâmicos, representando assim o tamanho efetivo para a população de *A. fraxinifolium* ( $N_e/N = 0,60$ ). Diferentemente deste resultado, Hoeltgebaum *et al.*, (2015) detectaram  $N_e = 39$  em populações de *Varronia curassavica*. O valor observado pelos autores aliado ao deste estudo, está abaixo do sugerido por Bernardi (2015) em *P. lambertii* onde o autor encontrou uma média de 596 plantas para uma população de 1000 indivíduos. Estes dados testificam que a para a população de *A. fraxinifolium*, o tamanho efetivo populacional encontra-se em nível aceitável já que este é superior ao mínimo proposto de 50 indivíduos para populações naturais, inferindo alto potencial evolutivo e a possibilidade de a população natural na área degradada manter a diversidade genética com o passar das gerações (Frankel & Soulé, 1981; Sebbenn *et al.*, 2000).

**Tabela 4:** Estimativas da Coancestria de grupo, do tamanho efetivo da população e da relação entre o tamanho efetivo e o número censo em uma população de *A. fraxinifolium*.

Parâmetros	Estimativas
$N$	386
$N_f$	180
$N_m$	206
$\Theta_f$	0,000032
$\Theta_m$	0,000365
$\Theta_{fm}$	0,001776
$\Theta$	0,002174
$N_e$	230
$N_e/N$	0,61

$N$ : Número censo,  $N_f$ : número censo de fêmeas,  $N_m$ : número censo de machos,  $\Theta_f$ : coancestria média entre fêmeas,  $\Theta_m$ : coancestria média entre machos,  $\Theta_{fm}$ : coancestria média entre machos e fêmeas,  $\Theta$ : coancestria média do grupo,  $N_e$ : tamanho efetivo

A partir disto, estratégias para a conservação das populações naturais regenerantes de locais impactados por degradação antrópica são necessárias para a manutenção da variabilidade genética das espécies, assim como a criação de corredores ecológicos ligando tais fragmentos, promovendo o aumento do fluxo gênico, e conseqüentemente, da variabilidade genética dentro das populações (Costa *et al.*, 2015).

## 6. CONCLUSÕES

A população natural de *A. fraxinifolium* presente na área degradada, antiga área de empréstimo da UHE Ilha Solteira, possui estrutura e diversidade genética suficiente, e conseqüentemente, apresenta potencial evolutivo por muitas gerações, e proporção sexual em equilíbrio esperado de 1:1.

Existem diferenças significativas entre as subpopulações masculinas e femininas dentro população para os caracteres de crescimento, altura e diâmetro à altura do peito (DAP). Portanto, pode-se inferir que ambos são influenciados não somente por ação direta do ambiente, mas também pela genética de cada indivíduo. De modo que para um programa de melhoramento, a população se mostra com alto potencial para seleção.

Os ganhos esperados com a seleção de indivíduos tanto do sexo masculino quanto feminino dentro da população, foram considerados satisfatórios chegando a 28,12% para as 40 melhores árvores femininas para o caráter altura e 40,88% para o caráter DAP e comprovaram o potencial da área para subsidiar programas de melhoramento, bem como para atender projetos de reflorestamentos visando a recuperação de áreas degradadas e sistema de produção (plantios homogêneos ou consorciados).

Embora os níveis de endogamia se mostrem altos, possivelmente causados pela ocorrência de cruzamentos entre parentes, os 386 indivíduos amostrados na área degradada correspondem a 230 indivíduos não parentes e não endogâmicos ( $N_e/N = 0,60$ ) sugerindo que ainda sim, a população possui alto potencial evolutivo e de manutenção da diversidade genética com o passar das gerações.

## REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

AGUIAR, A. V.; BORTOLOZO, F. R.; MORAES, M. L. T.; SÁ, M. E. Determinação de parâmetros genéticos em população de Gonçalo-Alves (*Astronium fraxinifolium*) através das características fisiológicas da semente. **Scientia Forestalis**, Piracicaba, n. 60, p. 89-97, 2001.

AGUIAR, R. V.; CANSIAN, R. L.; KUBIAK, G. B.; LAURA BENETTI SLAVIERO, L. B.; TOMAZONI, T. A.; BUDKE, J. C.; MOSSI, A. J. Variabilidade genética de *Eugenia uniflora* L. em remanescentes florestais em diferentes estádios sucessionais. **Revista Ceres**, Viçosa, v. 60, n. 2, p. 226-233, 2013.

ALLEM, A. C. **Estudo da biologia reprodutiva de duas espécies florestais (aroeira e gonçalo-alves) da região do cerrado**. Embrapa/CENARGEN, Brasília, p. 1-5, 1991.

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.; 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, Vol. 31 No. 3, p. 617-625, 2007.

AMÂNCIO, L.; CARDOSO, C. R. P.; TEIXEIRA, J. R.; FAUSTINO, P. A. S.; CARVALHO, M. R.; MADALENO, L. L.; FRIGIERI, M. C. Atividade antimicrobiana de *Astronium fraxinifolium*. IN: III Simpósio de Tecnologia Sucoenergética e de Biocombustíveis. **Ciência & Tecnologia**, Jaboticabal, v. 7 (Supl.), p. 82-86, 2015.

AMORIM, F. W.; OLIVEIRA, P. E. Estrutura sexual e ecologia reprodutiva de *Amaioua guianensis* Aubl. (Rubiaceae), uma espécie dioica de formações florestais de cerrado. **Revista Brasileira de Botânica**, São Paulo, Vol. 29, No. 3, p. 353-362, 2006.

ARAÚJO, D.; SEBBENN, A. M.; ZANATTO, A. C. S.; ZANATA, M.; MORAIS, E.; MORAES, M. L. T.; FREITAS, M. L. M. Variação Genética Para Caracteres Silviculturais Em Progenies De Polinização Aberta De *Astronium graveolens* Jacq. (Anacardiaceae). **Cerne**. Vol. 20, no. 1, p. 61-68, Lavras. 2014

ARAÚJO, S. N.; SILVA, A. F.; COSTA, T. C. C.; PEREIRA, M. P. R.; RABELO, M. F. R. Preference of tree species for tropical forest environments. **Applied Ecology And Environmental Research**, Budapest, v. 15 n. 01, p. 717-742, 2017.

ASSIS, A. L. E. M. **Diversidade e estrutura genética em populações naturais de *Cabralea canjerana* (Vell.) Martius no espírito santo**. Dissertação de Mestrado. Programa de Pós-Graduação em Genética e Melhoramento, Universidade Federal do Espírito Santo, Alegre, 71p. 2015.

ASSUNÇÃO, M. P.; KRAUSE, W.; DALLACORT, R.; SANTOS, P. R. J.; NEVES, L. G. Seleção individual de plantas de maracujazeiro azedo quanto à qualidade de frutos via REML/BLUP. **Revista Caatinga**, Mossoró, v. 28, n. 2, p. 57 – 63, 2015.

BERNARDI, A. P. **Estrutura genética e demográfica de *Podocarpus lambertii* Klotzch ex Endl. em uma paisagem de campo**. Dissertação de Mestrado. Programa de Pós-Graduação em Recursos Genéticos Vegetais, Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, 128p, 2015.

BERTONHA, L. J.; MORAES, M. L. T.; SEBBENN, A. M.; FREITAS, M. L. M. Seleção de progenies de *Myracrodruon urundeuva* baseada em caracteres fenológicos e de crescimento para reconstituição de áreas de Reserva Legal. **Scientia Forestalis**, Piracicaba, Vol. 44, No. 109, p. 108-116, 2016.

BITTENCOURT, J. M.; SEBBENN, A. M. Patterns of pollen and seed dispersal in a small fragmented population of a wind pollinated *Araucaria angustifolia* in southern Brazil. **Heredity**, London, v. 99, p. 580-591, 2007.

BORGES, C. V.; FERREIRA, F. M.; ROCHA, R. B.; SANTOS, A. R.; LAVIOLA, B. G. Capacidade produtiva e progresso genético de pinhão-manso. **Ciência Rural**, Santa Maria, v. 44, n. 1, p. 64-70, 2014.

BRAGA, L. L.; RODRIGUES, P. M. S.; NUNES, Y. R. F.; VELOSO, M. D. M. Effects of pre-germination treatments and storage on germination of *Astronium fraxinifolium* schott (Anacardiaceae) diaspores. **Ciência Florestal**, Santa Maria, v. 24, n. 2, p. 391-399, 2014;

BUENO, M. L.; OLIVEIRA-FILHO, A. T.; PONTARA, V.; POTT, A.; DAMASCENO-JUNIOR, G. A. Flora arbórea do Cerrado de Mato Grosso do Sul **Iheringia**, Série Botânica, Porto Alegre, v. 73(supl.), p. 53-64, 2018.

CALDEIRA JUNIOR, C. F.; SOUZA, R. A.; SANTOS, A. M.; SAMPAIO, R. A.; MARTINS, E. R. Características químicas do solo e crescimento de *Astronium fraxinifolium* Schott em área degradada adubada com lodo de esgoto e silicato de cálcio. **Revista Ceres**, Viçosa, v. 56, n. 1, p. 213-218, 2009.

CALGARO, H. F. **Uso de resíduos orgânicos como condicionante de subsolo degradado e efeito na atividade microbiana, micorrização e crescimento do barbatimão**. Dissertação de Mestrado. Programa de pós-graduação em agronomia, Faculdade de Engenharia, Universidade Estadual Paulista, Ilha Solteira, 73 p. 2006.

CAMBUIM, J. **Fragmentos florestais e testes de progênies: opções para a coleta de sementes em espécies arbóreas nativas do cerrado no bolsão sul-mato-grossense**. Tese de Doutorado. Programa de pós-graduação em agronomia, Faculdade de Engenharia, Universidade Estadual Paulista, Ilha Solteira, 103p. 2017.

CAMPELO, D. H.; LACERDA, C. F.; SOUSA, J. A.; CORREIA, D.; BEZERRA, A. M. E.; ARAÚJO, J. D. M.; NEVES, A. L. R. Trocas gasosas e eficiência do fotossistema II em plantas adultas de seis espécies florestais em função do suprimento de água no solo. **Revista Árvore**, Viçosa, v. 39, n. 5, p. 973-983, 2015.

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, D.; OLIVEIRA, A. F. Genetic structure of *Copaifera langsdorffii* desf. Natural populations. **Cerne**, Lavras, v. 10, n. 2, p. 137-153, 2004.

CARVALHO, M.; FREIRE, R. S. Quantificar, reduzir, evidenciar: uma nova prática para empresas sustentáveis IN: XVI Encontro Internacional sobre Gestão Empresarial e Meio Ambiente – ENGEMA, **Anais XVI ENGEMA**, São Paulo, v. 1, 7p., 2014.

CAXAMBÚ, M. G.; GERALDINO, H. C. L.; DETTKE, G. A.; SILVA, A. R.; SANTOS, E. N. Palmeiras (Arecaceae) nativas no município de Campo Mourão, Paraná, Brasil. **Rodriguésia**, v. 66, n. 1, p. 259-270, 2015.

CHAGAS, K. P. T.; SOUSA, R. F.; FAJARDO, C. G.; VIEIRA, F. A. Seleção de marcadores ISSR e diversidade genética em uma população de *Elaeis guineensis*. **Revista Brasileira de Ciências Agrárias**, Recife, v. 10, n. 1, p.147-152, 2015.

COCKERHAM, C.C. Variance of gene frequencies. **Evolution, Lancaster**, v. 23, p. 72-84, 1969.

COMPANHIA ENERGÉTICA DE SÃO PAULO – CESP. Disponível em: <[http://www.cesp.com.br/portalCesp/portal.nsf/V03.02/Empresa\\_UsinaIlha?OpenDocument](http://www.cesp.com.br/portalCesp/portal.nsf/V03.02/Empresa_UsinaIlha?OpenDocument)> Governo do Estado de São Paulo, 2009. Acesso em: 28 de março de 2017.

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**. Dissertação de Mestrado. Programa de pós-graduação em agronomia, Faculdade de Engenharia, Universidade Estadual Paulista, Ilha Solteira, 74 p. 2016.

CORRÊA, R. S.; BENTO, M. A. B. Qualidade do substrato minerado de uma área de empréstimo revegetada no distrito federal. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, v. 34, n. 1, p. 1435-1443, 2010.

COSTA, A. M. **Parâmetros genéticos, diversidade genética e seleção dos acessos de macaúba (*Acrocomia aculeata*)**. Dissertação de Mestrado. Programa de Pós-Graduação em Genética e Melhoramento, Universidade Federal de Viçosa, Viçosa. 28 p. 2016.

COSTA, D. F.; VIERIA, F. A.; FAJARDO, C. G.; CHAGAS, K. P. T. Diversidade genética e seleção de iniciadores ISSR em uma população natural de mangaba (*Hancornia speciosa* Gomes) (Apocynaceae). **Revista Brasileira de Fruticultura**, Jaboticabal, v. 37, n. 4, p. 970-976, 2015.

CRUZ, A. R.; TEIXEIRA, C. S.; PEREIRA, J. A.; AMORIM, R.; PINHEIRO, J. R. Impacto causado pela implantação de usina hidrelétricas e PCH's na Amazônia meridional. **Revista Eletrônica Geoaraguaia**, Barra do Garças, v. 6, n. 1, p. 19-29, 2016.

DEVIDE, A. C. P.; CASTRO, C. M.; RIBEIRO, R. L. D.; ABBOUD, A. C. S.; PEREIRA, M. G.; RUMJANEK, N. G. História Ambiental do Vale do Paraíba Paulista, Brasil. **Revista Biociências**, Taubaté, v. 20, n. 1, p. 12-29, 2014.

DOYLE, J. J.; DOYLE, J. L. Isolation of plant DNA from fresh tissue. **Focus**, Rockville, v. 12, p. 13-15, 1990.

DUARTE, C. G.; DIBO, A. P. A.; SÁNCHEZ, L. E. Que diz a pesquisa acadêmica sobre avaliação de impacto e licenciamento ambiental no Brasil? **Ambiente & Sociedade**, São Paulo v. 20, n. 1, p. 245-278, 2017.

EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA – EMBRAPA. **Sistema Brasileiro de Classificação de Solos (SiBCS)**. Brasil, Ministério da agricultura, Pecuaria e Abastecimento, 206p. 2006.

EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA – EMBRAPA. **Agência de informação Embrapa: Bioma cerrado**. Disponível em:

<[Http://www.agencia.cnptia.embrapa.br/Agencia16/AG01/Abertura.html](http://www.agencia.cnptia.embrapa.br/Agencia16/AG01/Abertura.html)> Brasil, Ministério da agricultura, Pecuaria e Abastecimento, 2007.

FAINGUELERNT, M. B. A trajetória histórica do processo de licenciamento ambiental da usina hidrelétrica de Belo Monte. **Ambiente & Sociedade**, Campinas v. 19, n. 2, p. 247-265, 2016.

FERNANDES, M. M.; OLIVEIRA, T. M.; FERNANDES, M. R. M. Regeneração natural de um fragmento florestal de caatinga na região semi-árida do Piauí. **Scientia Plena**, Aracaju, v. 13, n. 02, p. 1-7, 2017.

FERREIRA, D. D. M.; BORBA, J. A.; ROSA, C. A. As contingências ambientais das empresas estrangeiras que publicam suas demonstrações financeiras em IFRS no mercado norte americano. **Revista Universo Contábil**, Blumenau, v. 10, n. 3, p. 134-154, 2014.

FERREIRA, J. B. **Impactos causados pelo extrativismo, uso da terra e manejo na persistência de populações de *Dipteryx alata* Vog. (Baru) no Cerrado**. Dissertação de Mestrado. Programa de Pós-Graduação em Ecologia, Instituto de Ciências Biológicas, Universidade de Brasília, Brasília, 47p., 2016.

FERREIRA JUNIOR, J. C. G.; RODRIGUES, M. G. um estudo sobre a energia eólica no Brasil. **Ciência Atual**, Rio de Janeiro, v. 5, n. 1, p. 02-13, 2015.

FRANÇOSO, R. D.; BRANDÃO, R.; NOGUEIRA, C. C.; SALMONA, Y. B.; MACHADO, R. B.; COLLI, G. R. Habitat loss and the effectiveness of protected areas in the Cerrado Biodiversity Hotspot **Natureza & Conservação**, Rio de Janeiro, v. 13, n. 1, p. 35–40, 2015.

FRANKEL, O. H.; SOULÉ, M. S. **Conservation and evolution**. Cambridge, Cambridge University Press, 327p., 1981.

FRANKHAM, R.; BALLOU, J. D.; BRISCOE, D. A. **Introduction to conservation genetics**, 6. ed. New York, NY: Cambridge University Press, 617p. 2006.

FREITAS, I. L. J.; AMARAL JUNIOR, A. T.; VIANA, A. P.; PENA, G. F.; CABRAL, P. S.; VITTORAZZI, C.; SILVA, R. C. Ganho genético avaliado com índices de seleção e com REML/BLUP em milho-pipoca. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v. 48, n. 11, p.1464-1471, 2013.

GALLO, F. As preocupações com a integração territorial do Brasil e o pensamento geopolítico nacional: a relevância da aviação na ocupação do país. **Entre-Lugar**, Dourados, Vol. 1, No. 2, p. 57-74, 2010.

GASQUES, A. C. F.; OKAWA, C. M. P.; ANGELIS NETO, G.; MIOTTO, J. L.; CASTRO, T. R. Impactos ambientais dos materiais da construção civil: breve revisão teórica. **Revista Tecnológica Maringá**, Maringá, v. 23, p. 13-24, 2014.

GOIS, I. B.; FERREIRA, R. A.; SILVA-MANN, R.; PANTALEÃO, S. M.; GOIS, C. B.; OLIVEIRA, R. S. C. Variabilidade genética em populações naturais de *Ziziphus joazeiro* Mart., por meio de marcadores moleculares RAPD. **Revista Árvore**, Viçosa, v. 38, n. 4, p. 621-630, 2014.

GOMES, A. D.; ROSSI, A. A. B.; DARDENGO, J. F. E.; SILVA, B. M.; SILVA, I. V. Razão sexual e viabilidade polínica de *Mauritia flexuosa* L. (Arecaceae). **Enciclopédia Biosfera**, Centro Científico Conhecer, Goiânia, Vol. 9, No. 17, p. 28-64, 2013.

GONÇALVES, R. A. **Anatomia ecológica do xilema de *Astronium fraxinifolium* Schott (Anacardiaceae) que ocorre simultaneamente em áreas com solo degradado e não degradado**. Dissertação de mestrado. Programa de pós-graduação em ciências biológicas (biologia vegetal), Instituto de Biociências, Universidade Estadual Paulista, Rio Claro, 63p. 2017.

GOUDET, J. Fstat. (Version 2.9.3.2.): a computer program to calculate F-statistics. **Journal of Heredity**, London, v. 86, n. 6, p. 485–486, 1995.

HARDY, O.; VEKEMANS, X. SPAGeDI: a versatile computer program to analyze spatial genetic structure at the individual or population levels. **Molecular Ecology Notes**, Oxford, v. 2, p. 618-620, 2002.

HOELTGEBAUM, M. P.; BERNARDI, A. P.; MONTAGNA, T.; REIS, M. S. Diversidade e estrutura genética de populações de *Varronia curassavica* Jacq. em restingas da Ilha de Santa Catarina. **Revista Brasileira de Plantas Mediciniais**, Campinas, v. 17, n. 4, supl. III, p.1083-1090, 2015.

INGLIS, P. W.; CIAMPI, A. Y.; SALOMÃO, A. N.; COSTA, T. S. A.; AZEVEDO, V. C. R. Expression of stress-related genes in zebrawood (*Astronium fraxinifolium*, Anacardiaceae) seedlings following germination in microgravity. **Genetics and Molecular Biology**, Ribeirão Preto, v. 37, n. 1, p. 81-92, 2014.

INSTITUTO BRASILEIRO DO MEIO AMBIENTE E DOS RECURSOS NATURAIS RENOVÁVEIS - IBAMA. **Portaria N° 37-N, 3 de abril de 1992**. Disponível em: <[http://www.mma.gov.br/estruturas/179/\\_arquivos/179\\_05122008033627.pdf](http://www.mma.gov.br/estruturas/179/_arquivos/179_05122008033627.pdf)>. Acesso em: 05 de abril de 2018.

JANZEN, D. H. Herbivores and the number of tree species in tropical forests. **American Naturalist**, v. 104, p. 501-528, 1970.

KAGEYAMA, P. Y.; GANDARA, F. B.; SOUZA, L. M. I. Consequências genéticas da fragmentação sobre populações de espécies arbóreas. **Série Técnica IPEF**, Piracicaba, Vol. 12, No. 32, p. 65-70, 1998.

LIMA, R. A.; LOPES, M. T. G.; BENTES, J. L. S.; VALENTE, M. S. F.; PEREIRA, J. O.; MUNIZ, G. I. B. Diversidade e estrutura genética de *Senna reticulata*. **Floresta**, Curitiba, v. 45, n. 3, p. 507 - 514, 2015.

LIMA, S. C. G.; TEIXEIRA, M. J.; LOPES JUNIOR, J. E. G.; MORAIS, S. M.; TORRES, A. F.; BRAGA, M. A.; RODRIGUES, R. O.; SANTIAGO, G. M. P.; MARTINS, A. C.; NAGAO-DIAS, A. T. *In Vitro* and *In Vivo* Leishmanicidal Activity of *Astronium fraxinifolium* (Schott) and *Plectranthus amboinicus* (Lour.) Spreng against *Leishmania (Viannia) braziliensis*. **BioMed Research International**, v. 2014, Article ID 848293, 7p. <<https://doi.org/10.1155/2014/848293>>, 2014.

LOISELLE, B. A.; SORK, V. L.; NASON, J.; GRAHAM, C. Spatial genetic structure of a tropical understory shrub, *Psychotria officinalis* (Rubiaceae). **American Journal of Botany**, Columbus, v. 82, p. 1420-1425, 1995.

LORENZI, H. **Árvores brasileiras: manual de identificação e cultivo de plantas arbóreas nativas do Brasil**. Nova Odessa, 368 p. 1998

LORENZI, H. **Árvores brasileiras: manual de identificação e cultivo de plantas arbóreas nativas do Brasil**. 3. ed. Nova Odessa, 352 p. 2002.

MACEDO, M.; FERREIRA, A. R. Plantas medicinais usadas para tratamentos dermatológicos, em comunidades da Bacia do Alto Paraguai, Mato Grosso. **Revista Brasileira de Farmacognosia**, Curitiba, Vol. 14, No. 01, p. 40-44, 2004.

MACHADO, R. R. B.; MEUNIER, I. M. J.; SILVA, J. A. A.; CASTRO, A. A. J. F. Árvores nativas para a arborização de Teresina, Piauí. **Revista Da Sociedade Brasileira De Arborização Urbana**, Curitiba, Vol. 1, No. 1, p. 10-20, 2006.

MARCHINI, D. C. **Agregação de um Latossolo em recuperação após 5 anos**. Dissertação de mestrado. Programa de pós-graduação em agronomia, Faculdade de Engenharia, Universidade Estadual Paulista, Ilha Solteira, 68 p. 2012.

MARSHALL, T. C.; SLATE, J.; KRUEK, L. E. B.; PEMBERTON, J. M. Statistical confidence for likelihood-based paternity inference in natural populations. **Molecular Ecology**, v. 7, p. 639-655, 1998.

MARTINS, M. R. S.; SILVA, J. G. F. O sistema de gestão ambiental baseado na ISO 14000: Importância do instrumento no caminho da sustentabilidade ambiental. **Revista Eletrônica em Gestão, Educação e Tecnologia Ambiental**, Santa Maria, v. 18 n. 4, p.1460-1466, 2014.

MARTINS, P. S. Estrutura populacional, fluxo gênico e Conservação " in situ ". **Scientia Florestalis**, Piracicaba, No. 35, p.71-78, 1987.

MARTINS-CORDER, M. P.; FIALHO, L. E. B.; ZAMBIAZI, D. C.; KONZAN, E. R. Análise da diversidade genética de populações de palmiteiro (*Euterpe edulis* MARTIUS) através de marcadores isoenzimáticos. **Revista Ceres**, v. 56, n. 2, p. 204-213, 2009.

MEIRA, M. R.; CABACINHA, C. D. Manejo Sustentável do Barbatimão no Norte de Minas Gerais. **Floresta e Ambiente**, v. 23, n. 1, p. 61-69, 2016.

MELOTTO, A.; NICODEMO, M. L.; BOCCHESI, R. A.; LAURA, V. A.; GONTIJO-NETO, M. M.; SCHLEDER, D. D.; POTT, A.; SILVA, V. P. Sobrevivência E Crescimento Inicial Em Campo De Espécies Florestais Nativas Do Brasil Central Indicadas Para Sistemas Silvopastoris **Revista Árvore**, Viçosa, Vol. 33, No. 3, p.425-432, 2009.

MIRANDA, A. C.; MORAES, M. L. T., SILVA, P. H. M.; SEBBENN, A. M. Ganhos genéticos na seleção pelo método do índice multiefeitos em progênies polinização livre de *Eucalyptus grandis* Hill ex Maiden. **Scientia Forestalis**, Piracicaba, v. 43, n. 105, p. 1-7, 2015.

MIRANDA, L. P. M. **Temperatura e Atributos Físico-Químicos de um Latossolo em Recuperação com Adubação Verde, Gramínea e Lodo de Esgoto, cultivado com Gonçalves-Alves**. Tese de Doutorado. Programa de pós-graduação em agronomia, Faculdade de Engenharia, Universidade Estadual Paulista, Ilha Solteira, 72 p. 2010.

MORAES, P. L. R.; DERBYSHIRE, M. T. V. C. Estrutura genética de populações naturais de *Cryptocarya aschersoniana* Mez (Lauraceae) através de marcadores isoenzimáticos. **Biota Neotropica**, Campinas, Vol. 2, No. 2, 19 p. 2002.

MORAES, P. L. R.; MONTEIRO, R.; VENKOVSKY, R. Conservação genética de populações de *Cryptocarya moschata* Nees (Lauraceae) na Mata Atlântica do estado de São Paulo. **Brazilian Journal of Botany**, São Paulo, Vol. 22, No. 2(suplemento), p.237-248, 1999.

MORI, N. T.; MORI, E. S.; TAMBARUSSI, E. V.; MORAES, M. L. T.; SEBBENN, A. M. Sistema de cruzamento em populações de *Handroanthus heptaphyllus* (Vell.) Mattos e suas implicações para a coleta de sementes para fins de conservação e melhoramento genético. **Scientia Forestalis**, Piracicaba, v. 43, n. 107, p. 675-681, 2015.

MOURA, C. M. **Contribuição à quimiotaxonomia de Anacardiaceae - estudo fitoquímico e das atividades antifúngicas e antitumorais de *Astronium fraxinifolium* Schott ocorrente no Cerrado**. Dissertação de Mestrado. Programa de Pós-Graduação em Ciências Médicas, Faculdade de Medicina, Universidade de Brasília. Brasília, 107p. 2014.

NUNES, L. A.; PINTO, M. F. F. C.; CARNEIRO, P.; PEREIRA, D. C.; WALDSCHMIDT, A. M. Divergência genética em *Melipona scutellaris* Latreille (Hymenoptera: Apidae) com base em caracteres morfológicos **Bioscience Journal**, Uberlândia, Vol. 23, No. 1(Supplement), p. 1-9, 2007.

OLIVEIRA, C. M.; REBELLO, F. K.; SANTOS, M. A. S.; SANTANA, A. C. Usina hidrelétrica de Belo Monte: Percepções dos atores locais quanto aos impactos socioeconômicos e ambientais. **Revista Espacios**, Caracas, v. 37, n. 12, p. 1-9, 2016.

OLIVEIRA, D. A.; MOREIRA, P. A.; MELO JÚNIOR, A. F. M.; PIMENTA, M. A. S. Potencial da biodiversidade vegetal da Região Norte do Estado de Minas Gerais. **Unimontes Científica**, Montes Claros, v. 8, n. 1, 2006.

OPLER, P. A.; BAWA, K. S. Sex ratios in tropical forest trees. **Evolution**, Vol. 32, p. 812-821, 1978.

ORIOLI, L. S. **Efeitos de uso de terra e manejo em populações de *Annona crassiflora* Mart. no Cerrado**. Dissertação de Mestrado. Programa de Pós-Graduação em Ecologia, Instituto de Ciências Biológicas, Universidade de Brasília, Brasília, 48p. 2017.

OTSUBO, H. C. B.; MORAES, M. L. T.; MORAES, M. A.; JOSÉ NETO, M.; FREITAS, M. L. F.; 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.

PEREIRA, F. E.; LUIZ, J. R. M.; CARVALHO, J. R. M. Evidenciação das informações ambientais das empresas do setor de energia elétrica do Brasil. **Revista Evidenciação Contábil & Finanças**, João Pessoa, v. 3, n. 2, p. 60-72, 2015.

PINTO, M. V. P. **Diversidade e estrutura genética em populações naturais de *Pterodon emarginatus* Vogel (Leguminosae)**. Dissertação de Mestrado. Programa de Pós-Graduação em Genética e Melhoramento de Plantas, Universidade Federal de Goiás, Goiânia, 52p, 2017.

PIRANI, J. R. SILVA-LUZ, C. L. Check-list de Picramniales e Sapindales (exceto Sapindaceae) do estado de Mato Grosso do Sul. **Iheringia**, Porto Alegre, v. 73 (supl.), p. 301-307, 2018.

PORTUGAL JUNIOR, P. S.; REYDON, B, P.; PORTUGAL, N. S. As águas minerais no Brasil: uma análise do mercado e da institucionalidade para uma gestão integrada e sustentável. **Revista Ambiente & Água**, Taubaté, v. 10, n. 2, 2015.

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, 2017a.

PUPIN S.; RIBEIRO JÚNIOR, W. A.; ALZATE-MARIN, MORAES, M. A.; SILVA, J. R.; MORAES, M. L. T; Variação genética para compostos bioquímicos em sementes de aroeira procedente de uma população antropizada. **Nativa**, Sinop, v. 5, n. 5, p. 349-354, 2017b.

RAPOSO, A.; MARTINS, K.; CIAMPI, A. Y.; WADT, L. H. O.; VEASEY, E. A. Diversidade genética de populações de andiroba no Baixo Acre. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**. Brasília, Vol. 42, No. 9, p. 1291-1298, 2007.

REIS, C. A. F.; GONÇALVES, F. M. A.; RAMALHO, A. P.; ROSADO, A. M. Estratégias na seleção simultânea de vários caracteres no melhoramento do *Eucalyptus*. **Ciência Florestal**, Santa Maria, v. 25, n. 2, p. 457-467, 2015.

RESENDE, F. A.; CAMPOS, D. L.; SILVA, V. C.; GRANDIS, R. A.; SOUZA, L. P.; JUNIOR, C. S. L.; ROCHA, C. Q.; SANTOS, L. C.; VILEGAS, W.; VARANDA, E. A. Mutagenicity and chemopreventive activities of *Astronium* species assessed by Ames test. **Regulatory Toxicology and Pharmacology**, v. 72, n. 3, p. 506-513, 2017.

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

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

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

RIBEIRO, R. A.; RODRIGUES, F. M. Genética da conservação em espécies vegetais do cerrado. **Revista de Ciências médicas e biológicas**, Salvador, Vol. 5, No. 3, p. 253-260, 2006.

RIBEIRO, N. P.; SANCHES, C. C.; OLIVEIRA, M. A. C.; COSTA, R. B. Biodiversidade e conservação de recursos genéticos de espécies arbóreas. **Multitemas**, Campo Grande, MS, v. 21, n. 50, p. 31-49, 2016.

ROCHA, W. O.; PEREIRA, A. M.; SILVA, A. E.; FRAGA, J. A. Estimativa de biomassa vegetal e sequestro de carbono no parque natural municipal flor do ipê, várzea grande – MT **Multitemas**, Campo Grande, v. 22, n. 51, p. 179-195, 2017.

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, Vol. 11, no. 1, p. 73-80, 2007.

ROLIM, G. S.; CAMARGO, M. B. P.; LANIA, D. G.; MORAES, J. F. L. Classificação climática de Köppen e Thornthwaite e sua aplicabilidade na determinação de zonas agroclimáticas para o estado de São Paulo. **Bragantia**, Campinas, v. 66, n. 4, p. 711-720, 2007.

SANT'ANA, V. Z. **Proporção Sexual Em Populações De *Myracrodruon Urundeuva* para Fins De Formação De Pomares De Sementes Por Mudanças**. Dissertação de mestrado.

Programa de pós-graduação em agronomia, Faculdade de Engenharia, Universidade Estadual Paulista, Ilha Solteira, 64 p. 2017.

SANTANA, J. G. S. **Diversidade genética estimada com marcadores issr em população natural de cambuzeiro (*Myrciaria tenella* O. Berg)**. Dissertação de Mestrado. Programa de Pós-Graduação em Agricultura e Biodiversidade, Universidade Federal de Sergipe, São Cristóvão, 36p. 2016.

SANTOS, R. S. O.; CAMPOS, T.; MARTINS, K.; WANDT, L. H. O. Estrutura genética de duas populações naturais de *Bertholletia excelsa* Bonpl. sob exploração no Vale do Rio Acre. **Biota Amazônia**, Macapá, v. 7, n. 3, p. 37-40, 2017.

SCABIM, F.S.; PEDROSO JUNIOR, N. N.; CRUZ, J. C. C. Judicialização de grandes empreendimentos no Brasil: uma visão sobre os impactos da instalação de usinas hidrelétricas em populações locais na Amazônia. **Revista Pós Ciências Sociais, São Paulo**, v. 11, n. 22, p. 129-150, 2014.

SEBBENN, A. M.; CARVALHO, A. C. M.; FREITAS, M. L. M.; MORAES, S. M. B.; GAINO, A. P. S. C.; SILVA, J. M.; JOLIVET, C.; MORAES, M. L. T. Low levels of realized seed and pollen gene flow and strong spatial genetic structure in a small, isolated and fragmented population of the tropical tree *Copaifera langsdorffii* Desf. *Heredity*, v. 106 p. 134-145, 2011.

SEBBENN, A. M.; KAGEYAMA, P. Y.; SIQUEIRA, A. C. F. M.; ZANATTO, A. C. S. Sistema de cruzamento em populações de *Cariniana legalis* Mart. O. Ktze.: implicações para a conservação e o melhoramento genético. **Scientia Forestalis**, Piracicaba, n. 58, p. 25-40, 2000.

SILVA, A. F.; OLIVEIRA, R. V.; SANTOS, N. R. L.; PAULA, A. Composição florística e grupos ecológicos das espécies de um trecho de floresta semidecídua submontana da fazenda São Geraldo, Viçosa-MG. **Revista Árvore**, Viçosa, Vol. 27, No. 3, p. 311-319, 2003.

SILVA, E. F.; ARAÚJO, R. L.; MARTINS, C. S. R.; MARTINS, L. S. S.; VEASEY, E. A. Diversity and genetic structure of natural populations of araçá (*Psidium guineense* Sw.). **Revista Caatinga**, Mossoró, v. 29, n. 1, p. 37 – 44, 2016.

SILVA, F. L.; BAFFA, D. C. F.; REZENDE, J. C.; OLIVEIRA, A. C. B.; PEREIRA, A. A.; CRUZ, C. D. Variabilidade genética entre genótipos de café robustas no estado de Minas Gerais. **Coffee Science**, Lavras, v. 10, n. 1, p. 20 - 27, 2015a.

SILVA, L. S.; ALVES, A. R.; NUNES, A. K. A.; MACEDO, W. S.; MARTINS, A. R. Florística, estrutura e sucessão ecológica de um remanescente de mata ciliar na bacia do rio Gurguéia-PI. **Nativa**, Sinop, v. 03, n. 03, p. 156-164, 2015b.

SILVA, T. S. S.; FREITAS, J. S.; SANTOS, E. S. L.; CARDOSO, T. S.; CERQUEIRA-SILVA, C. B. M. Caracterização e seleção de marcadores moleculares em *Croton linearifolius* Mull. Arg. como subsídio para estudos genéticos. **Multi-Science Journal**, v. 1, n. 10, p 4-8, 2018.

SILVA NETO, C. M.; VENTUROLI, F.; GONÇALVES, B. B.; FERREIRA, G. A. Incremento diamétrico de *Protium heptaphyllum* (AUBL.) Marchand em floresta estacional semidecídua sob manejo, em Pirenópolis, Goiás, Brasil. **Interciencia**, Caracas, Vol. 40, No. 8, p. 564-569, 2015.

SOARES, M. P.; NUNES, Y. R. F. Regeneração natural de cerrado sob plantio de *Eucalyptus camaldulensis* Dehn. no norte de Minas Gerais, Brasil. **Revista Ceres**, Viçosa, v. 60, n.2, p. 205-214, 2013.

SOUTO FILHO, S. N. **variação de armazenagem de água num latossolo de cerrado em recuperação**. Dissertação de mestrado. Programa de pós-graduação em agronomia, Faculdade de Engenharia, Universidade Estadual Paulista, Ilha Solteira, 67 p. 2012.

SOUZA, L. C. **Diversidade e estrutura genética em uma população natural de *Plathymenia reticulata* Benth. No sul do espírito santo**. Dissertação de Mestrado. Programa de Pós-Graduação em Genética e Melhoramento, Universidade Federal do Espírito Santo, Alegre, 82p. 2017.

TIAGO, P. V.; ROSSI, A. A. B.; CARPEJANI, A. A.; TIAGO, A. V.; ROCHA, V. D.; FERNANDES, J. M.; SILVA, I. V. Genetic diversity and population structure of jatobá: a species with economic potential for the amazon region. **Ciência Florestal**, Santa Maria, v. 28, n. 2, p. 515-524, 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.

VIANA, R. M. **Grandes barragens, impactos e reparações: Um estudo de caso sobre a barragem de Itá**. Dissertação de mestrado. Instituto de Pesquisa e Planejamento Urbano e Regional, Universidade Federal do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro, 191p, 2003.

VIEIRA, F. A.; SOUSA, R. F.; SILVA, R. A. R.; FAJARDO, C. G.; MOLINA, W. F. Diversidade genética de *Copernicia prunifera* com o uso de marcadores moleculares ISSR. **Revista Brasileira de Ciências Agrárias**, Recife, v. 10, n. 4, p.525-531, 2015.

YOKOMIZO, G. K.; MOCHIUTTI, S.; QUEIROZ, J. A. L.; SANTOS, G. R.; FURTADO, R. G.; BRANDÃO, A. P.; COLARES, I. B. Estimativas de parâmetros genéticos para caracteres de frutos em açaizeiros no Amapá. **Ciência Florestal**, Santa Maria, v. 26, n. 3, p. 985-993, 2016.

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.

ZAVALA, C. B. R.; FERNANDES, S. S. L.; PEREIRA, Z. V.; SILVA, S. M. Análise fitogeográfica da flora arbustivo-arbórea em ecótono no planalto da bodoquena, MS, Brasil. **Ciência Florestal**, Santa Maria, v. 27, n. 3, p. 907-921, 2017.

## APÊNDICE

**Apêndice 1.** Seleção dos 100 melhores indivíduos com alto valor genético (BLUP) baseado no caráter altura (ALT) em uma população natural de *Astronium fraxinifolium* Schott de livre polinização localizada na Fazenda de Ensino, Pesquisa e Extensão – FEPE “Bovinos” da Faculdade de Engenharia de Ilha Solteira - FEIS/UNESP, localizada no município de Selvíria-MS.

<b>Ordem</b>	<b>Individuo</b>	<b>g</b>	<b>u + g</b>	<b>Ganho</b>	<b>Nova Média</b>	<b>Ganho Efetivo (%)</b>
<b>1</b>	325	7.74	19.05	7.74	19.05	<b>68.44</b>
<b>2</b>	214	5.99	17.30	6.87	18.18	<b>60.70</b>
<b>3</b>	237	5.93	17.24	6.56	17.87	<b>57.95</b>
<b>4</b>	229	5.91	17.22	6.39	17.71	<b>56.52</b>
<b>5</b>	354	5.88	17.19	6.29	17.60	<b>55.61</b>
<b>6</b>	492	5.68	16.99	6.19	17.50	<b>54.70</b>
<b>7</b>	258A	4.97	16.28	6.01	17.33	<b>53.16</b>
<b>8</b>	239	4.80	16.11	5.86	17.17	<b>51.82</b>
<b>9</b>	191	4.52	15.83	5.71	17.03	<b>50.50</b>
<b>10</b>	235	4.44	15.76	5.59	16.90	<b>49.38</b>
<b>11</b>	274	4.32	15.63	5.47	16.78	<b>48.36</b>
<b>12</b>	305	4.24	15.55	5.37	16.68	<b>47.46</b>
<b>13</b>	428A	4.18	15.50	5.28	16.59	<b>46.65</b>
<b>14</b>	479	4.09	15.41	5.19	16.51	<b>45.90</b>
<b>15</b>	463	4.07	15.38	5.12	16.43	<b>45.24</b>
<b>16</b>	379	3.94	15.25	5.04	16.36	<b>44.59</b>
<b>17</b>	355	3.90	15.21	4.98	16.29	<b>43.99</b>
<b>18</b>	310	3.88	15.20	4.92	16.23	<b>43.46</b>
<b>19</b>	426	3.86	15.17	4.86	16.17	<b>42.96</b>
<b>20</b>	209A	3.76	15.07	4.81	16.12	<b>42.48</b>
<b>21</b>	312	3.72	15.03	4.75	16.07	<b>42.02</b>
<b>22</b>	417A	3.70	15.01	4.71	16.02	<b>41.60</b>
<b>23</b>	228C	3.68	14.99	4.66	15.97	<b>41.20</b>
<b>24</b>	231	3.68	14.99	4.62	15.93	<b>40.84</b>
<b>25</b>	267	3.64	14.95	4.58	15.89	<b>40.49</b>

<b>26</b>	242	3.56	14.87	4.54	15.85	<b>40.15</b>
<b>27</b>	470	3.52	14.84	4.50	15.82	<b>39.81</b>
<b>28</b>	219	3.51	14.83	4.47	15.78	<b>39.50</b>
<b>29</b>	220	3.51	14.83	4.44	15.75	<b>39.21</b>
<b>30</b>	429A	3.44	14.75	4.40	15.71	<b>38.92</b>
<b>31</b>	283	3.41	14.72	4.37	15.68	<b>38.63</b>
<b>32</b>	416	3.37	14.68	4.34	15.65	<b>38.36</b>
<b>33</b>	390	3.35	14.66	4.31	15.62	<b>38.09</b>
<b>34</b>	398A	3.31	14.62	4.28	15.59	<b>37.83</b>
<b>35</b>	415B	3.29	14.60	4.25	15.56	<b>37.58</b>
<b>36</b>	483	3.25	14.56	4.22	15.54	<b>37.33</b>
<b>37</b>	460	3.21	14.52	4.20	15.51	<b>37.09</b>
<b>38</b>	434	3.19	14.50	4.17	15.48	<b>36.86</b>
<b>39</b>	461A	3.16	14.47	4.14	15.46	<b>36.63</b>
<b>40</b>	234	3.12	14.43	4.12	15.43	<b>36.40</b>
<b>41</b>	417B	3.04	14.35	4.09	15.40	<b>36.17</b>
<b>42</b>	210	3.02	14.33	4.07	15.38	<b>35.94</b>
<b>43</b>	256A	3.00	14.31	4.04	15.35	<b>35.72</b>
<b>44</b>	410	2.98	14.29	4.02	15.33	<b>35.51</b>
<b>45</b>	491	2.98	14.29	3.99	15.31	<b>35.30</b>
<b>46</b>	254	2.92	14.23	3.97	15.28	<b>35.10</b>
<b>47</b>	361	2.89	14.20	3.95	15.26	<b>34.89</b>
<b>48</b>	459	2.87	14.19	3.93	15.24	<b>34.70</b>
<b>49</b>	396	2.81	14.12	3.90	15.22	<b>34.50</b>
<b>50</b>	436	2.77	14.08	3.88	15.19	<b>34.30</b>
<b>51</b>	206	2.75	14.06	3.86	15.17	<b>34.10</b>
<b>52</b>	314	2.73	14.04	3.84	15.15	<b>33.91</b>
<b>53</b>	319B	2.56	13.87	3.81	15.12	<b>33.69</b>
<b>54</b>	268	2.55	13.86	3.79	15.10	<b>33.49</b>
<b>55</b>	475	2.52	13.84	3.77	15.08	<b>33.28</b>
<b>56</b>	198	2.51	13.82	3.74	15.06	<b>33.09</b>
<b>57</b>	277	2.50	13.82	3.72	15.03	<b>32.89</b>
<b>58</b>	245	2.49	13.80	3.70	15.01	<b>32.71</b>
<b>59</b>	408	2.48	13.79	3.68	14.99	<b>32.52</b>
<b>60</b>	359	2.33	13.64	3.66	14.97	<b>32.32</b>
<b>61</b>	222	2.30	13.61	3.63	14.95	<b>32.13</b>
<b>62</b>	391	2.27	13.58	3.61	14.92	<b>31.93</b>
<b>63</b>	490	2.27	13.58	3.59	14.90	<b>31.74</b>
<b>64</b>	252	2.17	13.48	3.57	14.88	<b>31.55</b>
<b>65</b>	192	2.15	13.46	3.55	14.86	<b>31.35</b>
<b>66</b>	484	2.08	13.39	3.52	14.84	<b>31.16</b>
<b>67</b>	227	2.02	13.34	3.50	14.82	<b>30.96</b>
<b>68</b>	411	1.98	13.30	3.48	14.79	<b>30.76</b>
<b>69</b>	230	1.94	13.25	3.46	14.77	<b>30.57</b>
<b>70</b>	253	1.92	13.24	3.44	14.75	<b>30.37</b>
<b>71</b>	409	1.90	13.21	3.41	14.73	<b>30.18</b>

<b>72</b>	422	1.87	13.19	3.39	14.71	<b>29.99</b>
<b>73</b>	261	1.83	13.14	3.37	14.68	<b>29.80</b>
<b>74</b>	221	1.80	13.11	3.35	14.66	<b>29.61</b>
<b>75</b>	431	1.71	13.02	3.33	14.64	<b>29.42</b>
<b>76</b>	373B	1.71	13.02	3.31	14.62	<b>29.23</b>
<b>77</b>	414	1.64	12.95	3.29	14.60	<b>29.04</b>
<b>78</b>	430	1.63	12.94	3.26	14.58	<b>28.85</b>
<b>79</b>	370	1.62	12.94	3.24	14.56	<b>28.67</b>
<b>80</b>	386	1.61	12.92	3.22	14.54	<b>28.49</b>
<b>81</b>	276	1.59	12.91	3.20	14.52	<b>28.31</b>
<b>82</b>	319A	1.57	12.88	3.18	14.50	<b>28.14</b>
<b>83</b>	193	1.57	12.88	3.16	14.48	<b>27.96</b>
<b>84</b>	388	1.53	12.84	3.14	14.46	<b>27.79</b>
<b>85</b>	357	1.50	12.81	3.12	14.44	<b>27.62</b>
<b>86</b>	270	1.43	12.74	3.10	14.42	<b>27.45</b>
<b>87</b>	302	1.43	12.74	3.09	14.40	<b>27.27</b>
<b>88</b>	201	1.42	12.74	3.07	14.38	<b>27.11</b>
<b>89</b>	346C	1.38	12.69	3.05	14.36	<b>26.94</b>
<b>90</b>	418	1.38	12.69	3.03	14.34	<b>26.78</b>
<b>91</b>	260	1.33	12.64	3.01	14.32	<b>26.61</b>
<b>92</b>	432	1.29	12.60	2.99	14.30	<b>26.45</b>
<b>93</b>	433	1.29	12.60	2.97	14.29	<b>26.28</b>
<b>94</b>	296	1.26	12.58	2.96	14.27	<b>26.12</b>
<b>95</b>	243	1.25	12.56	2.94	14.25	<b>25.96</b>
<b>96</b>	318	1.24	12.55	2.92	14.23	<b>25.81</b>
<b>97</b>	429B	1.21	12.52	2.90	14.21	<b>25.65</b>
<b>98</b>	301	1.18	12.49	2.88	14.20	<b>25.50</b>
<b>99</b>	251	1.10	12.41	2.87	14.18	<b>25.34</b>
<b>100</b>	405A	1.08	12.39	2.85	14.16	<b>25.18</b>

---

**g:** Genótipo individual, **u:** Média geral para o carácter avaliado,

**Apêndice 2.** Seleção dos 100 melhores indivíduos com alto valor genético (BLUP) baseado no caráter diâmetro à altura do peito (DAP), em uma população natural de *Astronium fraxinifolium* Schott de livre polinização localizada na Fazenda de Ensino, Pesquisa e Extensão – FEPE “Bovinos” da Faculdade de Engenharia de Ilha Solteira - FEIS/UNESP, localizada no município de Selvíria-MS.

<b>Ordem</b>	<b>Indivíduo</b>	<b>g</b>	<b>u + g</b>	<b>Ganho</b>	<b>Nova Média</b>	<b>Ganho Efetivo (%)</b>
<b>1</b>	379	26.12	52.26	26.12	52.26	<b>99.89</b>
<b>2</b>	470	25.13	51.28	25.63	51.77	<b>98.01</b>
<b>3</b>	214	22.11	48.26	24.46	50.60	<b>93.53</b>
<b>4</b>	229	22.03	48.18	23.85	50.00	<b>91.21</b>
<b>5</b>	231	21.86	48.01	23.45	49.60	<b>89.69</b>
<b>6</b>	193	20.35	46.50	22.94	49.08	<b>87.72</b>
<b>7</b>	325	20.03	46.18	22.52	48.67	<b>86.13</b>
<b>8</b>	267	19.44	45.58	22.14	48.28	<b>84.66</b>
<b>9</b>	394	18.51	44.66	21.73	47.88	<b>83.12</b>
<b>10</b>	232	17.26	43.41	21.29	47.43	<b>81.41</b>
<b>11</b>	483	15.74	41.88	20.78	46.93	<b>79.48</b>
<b>12</b>	220	15.55	41.69	20.34	46.49	<b>77.81</b>
<b>13</b>	408	15.16	41.31	19.95	46.09	<b>76.29</b>
<b>14</b>	268	14.21	40.35	19.54	45.68	<b>74.72</b>
<b>15</b>	192	14.15	40.30	19.18	45.32	<b>73.34</b>
<b>16</b>	312	13.81	39.95	18.84	44.99	<b>72.06</b>
<b>17</b>	463	13.70	39.85	18.54	44.69	<b>70.91</b>
<b>18</b>	239	13.46	39.60	18.26	44.40	<b>69.83</b>
<b>19</b>	424	12.88	39.02	17.97	44.12	<b>68.74</b>
<b>20</b>	191	12.53	38.68	17.70	43.85	<b>67.70</b>
<b>21</b>	479	12.30	38.45	17.44	43.59	<b>66.72</b>
<b>22</b>	237	11.52	37.66	17.18	43.32	<b>65.69</b>
<b>23</b>	429B	11.49	37.64	16.93	43.07	<b>64.74</b>
<b>24</b>	254	11.09	37.23	16.68	42.83	<b>63.81</b>
<b>25</b>	473	10.81	36.95	16.45	42.60	<b>62.91</b>
<b>26</b>	436	10.77	36.92	16.23	42.38	<b>62.08</b>
<b>27</b>	361	10.75	36.90	16.03	42.17	<b>61.30</b>
<b>28</b>	396	10.61	36.76	15.84	41.98	<b>60.56</b>
<b>29</b>	370	10.57	36.71	15.65	41.80	<b>59.87</b>
<b>30</b>	360	10.45	36.60	15.48	41.63	<b>59.21</b>
<b>31</b>	323	10.01	36.16	15.30	41.45	<b>58.53</b>
<b>32</b>	242	9.98	36.13	15.14	41.28	<b>57.90</b>
<b>33</b>	418	9.78	35.92	14.97	41.12	<b>57.27</b>
<b>34</b>	309	9.69	35.84	14.82	40.97	<b>56.68</b>
<b>35</b>	310	9.65	35.80	14.67	40.82	<b>56.11</b>

<b>36</b>	386	9.18	35.33	14.52	40.67	<b>55.53</b>
<b>37</b>	283	9.15	35.29	14.37	40.52	<b>54.98</b>
<b>38</b>	387	8.93	35.07	14.23	40.38	<b>54.43</b>
<b>39</b>	256A	8.86	35.01	14.09	40.24	<b>53.90</b>
<b>40</b>	398A	8.61	34.75	13.96	40.10	<b>53.38</b>
<b>41</b>	359	8.50	34.65	13.82	39.97	<b>52.87</b>
<b>42</b>	362	8.47	34.61	13.70	39.84	<b>52.38</b>
<b>43</b>	475	8.45	34.60	13.57	39.72	<b>51.91</b>
<b>44</b>	311	8.44	34.59	13.46	39.60	<b>51.47</b>
<b>45</b>	259	8.04	34.19	13.34	39.48	<b>51.01</b>
<b>46</b>	301	7.60	33.75	13.21	39.36	<b>50.53</b>
<b>47</b>	277	7.06	33.20	13.08	39.23	<b>50.03</b>
<b>48</b>	260	6.94	33.09	12.95	39.10	<b>49.54</b>
<b>49</b>	415B	6.80	32.95	12.83	38.97	<b>49.06</b>
<b>50</b>	221	6.63	32.78	12.70	38.85	<b>48.59</b>
<b>51</b>	388	6.59	32.73	12.58	38.73	<b>48.13</b>
<b>52</b>	296	6.51	32.65	12.47	38.61	<b>47.68</b>
<b>53</b>	258A	6.43	32.57	12.35	38.50	<b>47.25</b>
<b>54</b>	305	6.39	32.54	12.24	38.39	<b>46.82</b>
<b>55</b>	422	6.25	32.39	12.13	38.28	<b>46.41</b>
<b>56</b>	492	5.96	32.11	12.02	38.17	<b>45.99</b>
<b>57</b>	428A	5.87	32.02	11.92	38.06	<b>45.57</b>
<b>58</b>	222	5.87	32.02	11.81	37.96	<b>45.17</b>
<b>59</b>	411	5.36	31.51	11.70	37.85	<b>44.76</b>
<b>60</b>	390	5.12	31.27	11.59	37.74	<b>44.34</b>
<b>61</b>	320	5.05	31.20	11.49	37.63	<b>43.93</b>
<b>62</b>	461A	5.01	31.15	11.38	37.53	<b>43.53</b>
<b>63</b>	405A	4.85	31.00	11.28	37.42	<b>43.13</b>
<b>64</b>	270	4.69	30.83	11.17	37.32	<b>42.74</b>
<b>65</b>	423	4.38	30.52	11.07	37.22	<b>42.34</b>
<b>66</b>	384	4.37	30.52	10.97	37.11	<b>41.95</b>
<b>67</b>	499	4.36	30.51	10.87	37.02	<b>41.57</b>
<b>68</b>	210	4.31	30.45	10.77	36.92	<b>41.20</b>
<b>69</b>	197	4.22	30.37	10.68	36.82	<b>40.84</b>
<b>70</b>	416	4.20	30.35	10.59	36.73	<b>40.49</b>
<b>71</b>	199	3.88	30.02	10.49	36.64	<b>40.12</b>
<b>72</b>	274	3.84	29.98	10.40	36.54	<b>39.77</b>
<b>73</b>	417A	3.80	29.95	10.31	36.45	<b>39.43</b>
<b>74</b>	477	3.75	29.89	10.22	36.37	<b>39.09</b>
<b>75</b>	354	3.73	29.88	10.13	36.28	<b>38.75</b>
<b>76</b>	457	3.66	29.81	10.05	36.19	<b>38.43</b>
<b>77</b>	392	3.60	29.74	9.96	36.11	<b>38.11</b>
<b>78</b>	355	3.58	29.73	9.88	36.03	<b>37.80</b>
<b>79</b>	491	3.56	29.70	9.80	35.95	<b>37.49</b>
<b>80</b>	410	3.44	29.59	9.72	35.87	<b>37.19</b>
<b>81</b>	245	3.44	29.59	9.64	35.79	<b>36.89</b>

<b>82</b>	253	3.39	29.53	9.57	35.71	<b>36.60</b>
<b>83</b>	399A	3.25	29.39	9.49	35.64	<b>36.31</b>
<b>84</b>	347	3.23	29.38	9.42	35.56	<b>36.02</b>
<b>85</b>	295	3.15	29.29	9.34	35.49	<b>35.74</b>
<b>86</b>	201	3.14	29.29	9.27	35.42	<b>35.46</b>
<b>87</b>	437	3.10	29.24	9.20	35.35	<b>35.19</b>
<b>88</b>	252	3.07	29.22	9.13	35.28	<b>34.92</b>
<b>89</b>	219	3.07	29.22	9.06	35.21	<b>34.66</b>
<b>90</b>	419	3.06	29.20	9.00	35.14	<b>34.41</b>
<b>91</b>	227	2.95	29.10	8.93	35.08	<b>34.15</b>
<b>92</b>	250	2.93	29.08	8.87	35.01	<b>33.91</b>
<b>93</b>	302	2.86	29.01	8.80	34.95	<b>33.66</b>
<b>94</b>	378	2.83	28.98	8.74	34.88	<b>33.42</b>
<b>95</b>	230	2.76	28.90	8.67	34.82	<b>33.18</b>
<b>96</b>	304	2.75	28.89	8.61	34.76	<b>32.94</b>
<b>97</b>	218	2.57	28.71	8.55	34.70	<b>32.70</b>
<b>98</b>	358	2.52	28.67	8.49	34.63	<b>32.47</b>
<b>99</b>	433	2.46	28.60	8.43	34.57	<b>32.23</b>
<b>100</b>	271	2.43	28.57	8.37	34.51	<b>32.00</b>

---

**g:** Genótipo individual, **u:** Média geral para o caráter avaliado,

**Apêndice 3.** Seleção dos 40 melhores indivíduos com alto valor genético (BLUP) do sexo feminino, baseado no caráter altura (ALT, m) em uma população natural regenerante de *Astronium fraxinifolium* Schott de livre polinização localizada na Fazenda de Ensino, Pesquisa e Extensão – FEPE “Bovinos” da Faculdade de Engenharia de Ilha Solteira - FEIS/UNESP, localizada no município de Selvíria-MS.

<b>Ordem</b>	<b>Indivíduo</b>	<b>g</b>	<b>u + g</b>	<b>Ganho</b>	<b>Nova Média</b>	<b>Ganho Efetivo (%)</b>
<b>1</b>	325	7.39	19.06	7.39	19.06	<b>63.38</b>
<b>2</b>	492	5.97	17.64	6.68	18.35	<b>57.27</b>
<b>3</b>	229	5.21	16.88	6.19	17.86	<b>53.06</b>
<b>4</b>	354	4.61	16.28	5.80	17.46	<b>49.68</b>
<b>5</b>	479	4.17	15.83	5.47	17.14	<b>46.88</b>
<b>6</b>	426	4.12	15.79	5.25	16.91	<b>44.96</b>
<b>7</b>	242	4.10	15.76	5.08	16.75	<b>43.55</b>
<b>8</b>	274	3.97	15.63	4.94	16.61	<b>42.35</b>
<b>9</b>	305	3.88	15.55	4.82	16.49	<b>41.35</b>
<b>10</b>	398A	3.79	15.46	4.72	16.39	<b>40.46</b>
<b>11</b>	310	3.75	15.41	4.63	16.30	<b>39.70</b>
<b>12</b>	429A	3.69	15.36	4.55	16.22	<b>39.02</b>
<b>13</b>	235	3.50	15.16	4.47	16.14	<b>38.33</b>
<b>14</b>	267	3.49	15.16	4.40	16.07	<b>37.73</b>
<b>15</b>	410	3.45	15.12	4.34	16.01	<b>37.19</b>
<b>16</b>	434	3.44	15.11	4.28	15.95	<b>36.70</b>
<b>17</b>	396	3.28	14.95	4.22	15.89	<b>36.20</b>
<b>18</b>	463	3.27	14.94	4.17	15.84	<b>35.75</b>
<b>19</b>	219	3.18	14.84	4.12	15.79	<b>35.30</b>
<b>20</b>	220	3.18	14.84	4.07	15.74	<b>34.89</b>
<b>21</b>	283	3.04	14.71	4.02	15.69	<b>34.47</b>
<b>22</b>	209A	3.02	14.69	3.98	15.65	<b>34.09</b>
<b>23</b>	408	2.95	14.62	3.93	15.60	<b>33.70</b>
<b>24</b>	228C	2.94	14.61	3.89	15.56	<b>33.35</b>
<b>25</b>	231	2.94	14.61	3.85	15.52	<b>33.02</b>
<b>26</b>	390	2.94	14.60	3.82	15.49	<b>32.72</b>
<b>27</b>	379	2.72	14.39	3.78	15.45	<b>32.37</b>
<b>28</b>	206	2.62	14.29	3.74	15.40	<b>32.02</b>
<b>29</b>	355	2.60	14.26	3.70	15.36	<b>31.68</b>
<b>30</b>	475	2.57	14.24	3.66	15.33	<b>31.36</b>
<b>31</b>	254	2.54	14.21	3.62	15.29	<b>31.05</b>
<b>32</b>	411	2.44	14.11	3.59	15.25	<b>30.73</b>
<b>33</b>	461A	2.35	14.02	3.55	15.22	<b>30.41</b>
<b>34</b>	470	2.30	13.97	3.51	15.18	<b>30.10</b>
<b>35</b>	210	2.27	13.94	3.48	15.14	<b>29.79</b>
<b>36</b>	277	2.12	13.79	3.44	15.11	<b>29.47</b>

<b>37</b>	198	1.90	13.57	3.40	15.07	<b>29.11</b>
<b>38</b>	386	1.86	13.52	3.36	15.02	<b>28.77</b>
<b>39</b>	490	1.84	13.51	3.32	14.99	<b>28.43</b>
<b>40</b>	436	1.84	13.50	3.28	14.95	<b>28.12</b>

---

**g:** Genótipo individual, **u:** Média geral para o caráter avaliado,

**Apêndice 4.** Seleção dos 40 melhores indivíduos com alto valor genético (BLUP) do sexo feminino, baseado no caráter diâmetro à altura do peito (DAP, cm) em uma população natural regenerante de *Astronium fraxinifolium* Schott de livre polinização localizada na Fazenda de Ensino, Pesquisa e Extensão – FEPE “Bovinos” da Faculdade de Engenharia de Ilha Solteira - FEIS/UNESP, localizada no município de Selvíria-MS.

<b>Ordem</b>	<b>Indivíduo</b>	<b>g</b>	<b>u + g</b>	<b>Ganho</b>	<b>Nova Média</b>	<b>Ganho Efetivo (%)</b>
<b>1</b>	379	22.20	46.12	22.20	46.12	<b>92.82</b>
<b>2</b>	470	21.20	45.12	21.70	45.62	<b>90.73</b>
<b>3</b>	267	19.03	42.95	20.81	44.73	<b>87.01</b>
<b>4</b>	325	18.72	42.64	20.29	44.21	<b>84.82</b>
<b>5</b>	229	18.66	42.58	19.96	43.88	<b>83.46</b>
<b>6</b>	231	18.49	42.41	19.72	43.64	<b>82.44</b>
<b>7</b>	220	16.56	40.48	19.27	43.18	<b>80.56</b>
<b>8</b>	408	14.46	38.38	18.67	42.58	<b>78.04</b>
<b>9</b>	232	13.81	37.73	18.13	42.04	<b>75.79</b>
<b>10</b>	424	13.43	37.35	17.66	41.57	<b>73.82</b>
<b>11</b>	463	13.14	37.06	17.25	41.16	<b>72.11</b>
<b>12</b>	473	11.68	35.60	16.78	40.70	<b>70.17</b>
<b>13</b>	479	11.48	35.39	16.37	40.29	<b>68.46</b>
<b>14</b>	242	10.70	34.61	15.97	39.89	<b>66.77</b>
<b>15</b>	436	10.57	34.49	15.61	39.53	<b>65.26</b>
<b>16</b>	396	9.84	33.75	15.25	39.17	<b>63.75</b>
<b>17</b>	254	9.77	33.69	14.93	38.84	<b>62.41</b>
<b>18</b>	323	9.15	33.07	14.61	38.52	<b>61.06</b>
<b>19</b>	310	9.08	32.99	14.31	38.23	<b>59.85</b>
<b>20</b>	259	8.72	32.64	14.03	37.95	<b>58.68</b>
<b>21</b>	386	8.68	32.60	13.78	37.70	<b>57.61</b>
<b>22</b>	398A	7.80	31.72	13.51	37.43	<b>56.48</b>
<b>23</b>	283	7.80	31.72	13.26	37.18	<b>55.44</b>
<b>24</b>	362	7.77	31.69	13.03	36.95	<b>54.48</b>
<b>25</b>	475	7.56	31.48	12.81	36.73	<b>53.57</b>
<b>26</b>	359	7.29	31.20	12.60	36.52	<b>52.68</b>
<b>27</b>	492	6.40	30.31	12.37	36.29	<b>51.72</b>
<b>28</b>	370	6.39	30.31	12.16	36.07	<b>50.82</b>
<b>29</b>	277	5.67	29.59	11.93	35.85	<b>49.89</b>
<b>30</b>	199	5.46	29.38	11.72	35.63	<b>48.99</b>
<b>31</b>	390	5.09	29.00	11.50	35.42	<b>48.09</b>
<b>32</b>	305	4.99	28.91	11.30	35.22	<b>47.24</b>
<b>33</b>	201	4.71	28.63	11.10	35.02	<b>46.41</b>
<b>34</b>	411	4.50	28.42	10.91	34.82	<b>45.60</b>
<b>35</b>	461A	4.30	28.21	10.72	34.63	<b>44.81</b>
<b>36</b>	219	3.88	27.80	10.53	34.44	<b>44.01</b>
<b>37</b>	392	3.54	27.45	10.34	34.26	<b>43.22</b>
<b>38</b>	354	2.97	26.89	10.14	34.06	<b>42.41</b>

<b>39</b>	355	2.82	26.74	9.96	33.87	<b>41.63</b>
<b>40</b>	477	2.78	26.69	9.78	33.69	<b>40.88</b>

---

**g:** Genótipo individual, **u:** Média geral para o caráter avaliado,

**Apêndice 5.** Seleção dos 40 melhores indivíduos com alto valor genético (BLUP) do sexo masculino, baseado no caráter altura (ALT, m) em uma população natural regenerante de *Astronium fraxinifolium* Schott de livre polinização localizada na Fazenda de Ensino, Pesquisa e Extensão – FEPE “Bovinos” da Faculdade de Engenharia de Ilha Solteira - FEIS/UNESP, localizada no município de Selvíria-MS.

<b>Ordem</b>	<b>Individuo</b>	<b>g</b>	<b>u + g</b>	<b>Ganho</b>	<b>Nova Média</b>	<b>Ganho Efetivo (%)</b>
<b>1</b>	237	7.47	18.39	7.47	18.39	<b>68.46</b>
<b>2</b>	214	6.78	17.70	7.13	18.04	<b>65.31</b>
<b>3</b>	191	4.93	15.84	6.40	17.31	<b>58.60</b>
<b>4</b>	258A	4.88	15.79	6.02	16.93	<b>55.12</b>
<b>5</b>	239	4.71	15.62	5.75	16.67	<b>52.73</b>
<b>6</b>	428A	4.64	15.55	5.57	16.48	<b>51.02</b>
<b>7</b>	234	4.63	15.54	5.43	16.35	<b>49.79</b>
<b>8</b>	312	3.79	14.70	5.23	16.14	<b>47.91</b>
<b>9</b>	417A	3.65	14.56	5.05	15.97	<b>46.30</b>
<b>10</b>	391	3.38	14.29	4.89	15.80	<b>44.76</b>
<b>11</b>	416	3.32	14.23	4.74	15.66	<b>43.45</b>
<b>12</b>	230	3.25	14.16	4.62	15.53	<b>42.31</b>
<b>13</b>	256A	3.24	14.16	4.51	15.43	<b>41.34</b>
<b>14</b>	415B	3.23	14.15	4.42	15.33	<b>40.51</b>
<b>15</b>	491	3.21	14.13	4.34	15.25	<b>39.77</b>
<b>16</b>	460	3.15	14.06	4.27	15.18	<b>39.09</b>
<b>17</b>	417B	2.98	13.89	4.19	15.10	<b>38.39</b>
<b>18</b>	459	2.81	13.73	4.11	15.03	<b>37.69</b>
<b>19</b>	314	2.79	13.70	4.04	14.96	<b>37.05</b>
<b>20</b>	422	2.72	13.63	3.98	14.89	<b>36.44</b>
<b>21</b>	483	2.72	13.63	3.92	14.83	<b>35.89</b>
<b>22</b>	319B	2.62	13.53	3.86	14.77	<b>35.35</b>
<b>23</b>	245	2.60	13.52	3.80	14.72	<b>34.85</b>
<b>24</b>	431	2.55	13.46	3.75	14.67	<b>34.37</b>
<b>25</b>	430	2.47	13.38	3.70	14.61	<b>33.90</b>
<b>26</b>	361	2.45	13.36	3.65	14.57	<b>33.46</b>
<b>27</b>	252	2.41	13.32	3.61	14.52	<b>33.04</b>
<b>28</b>	192	2.37	13.28	3.56	14.48	<b>32.63</b>
<b>29</b>	268	2.24	13.16	3.52	14.43	<b>32.22</b>
<b>30</b>	418	2.21	13.13	3.47	14.39	<b>31.82</b>
<b>31</b>	409	2.13	13.04	3.43	14.34	<b>31.42</b>
<b>32</b>	357	2.02	12.94	3.39	14.30	<b>31.02</b>
<b>33</b>	388	2.00	12.92	3.34	14.26	<b>30.64</b>
<b>34</b>	484	1.99	12.90	3.30	14.22	<b>30.27</b>
<b>35</b>	394	1.87	12.78	3.26	14.18	<b>29.89</b>
<b>36</b>	193	1.78	12.70	3.22	14.14	<b>29.52</b>
<b>37</b>	309	1.73	12.65	3.18	14.10	<b>29.15</b>
<b>38</b>	261	1.70	12.61	3.14	14.06	<b>28.79</b>

<b>39</b>	270	1.65	12.57	3.10	14.02	<b>28.44</b>
<b>40</b>	429B	1.62	12.54	3.07	13.98	<b>28.10</b>

---

**g:** Genótipo individual, **u:** Média geral para o caráter avaliado,

**Apêndice 6.** Seleção dos 40 melhores indivíduos com alto valor genético (BLUP) do sexo masculino, baseado no caráter diâmetro à altura do peito (DAP, cm) em uma população natural regenerante de *Astronium fraxinifolium* Schott de livre polinização localizada na Fazenda de Ensino, Pesquisa e Extensão – FEPE “Bovinos” da Faculdade de Engenharia de Ilha Solteira - FEIS/UNESP, localizada no município de Selvíria-MS.

<b>Ordem</b>	<b>Indivíduo</b>	<b>g</b>	<b>u + g</b>	<b>Ganho</b>	<b>Nova Média</b>	<b>Ganho Efetivo (%)</b>
<b>1</b>	214	21.71	47.43	21.71	47.43	<b>84.39</b>
<b>2</b>	193	19.29	45.01	20.50	46.22	<b>79.70</b>
<b>3</b>	394	18.64	44.36	19.88	45.60	<b>77.29</b>
<b>4</b>	237	17.29	43.01	19.23	44.95	<b>74.77</b>
<b>5</b>	483	16.36	42.08	18.66	44.38	<b>72.54</b>
<b>6</b>	312	14.20	39.92	17.92	43.64	<b>69.66</b>
<b>7</b>	192	13.13	38.85	17.23	42.95	<b>67.00</b>
<b>8</b>	268	12.90	38.62	16.69	42.41	<b>64.89</b>
<b>9</b>	239	12.59	38.31	16.24	41.96	<b>63.12</b>
<b>10</b>	360	11.23	36.95	15.73	41.45	<b>61.17</b>
<b>11</b>	429B	10.58	36.30	15.27	40.99	<b>59.35</b>
<b>12</b>	191	10.43	36.15	14.86	40.58	<b>57.79</b>
<b>13</b>	309	9.99	35.71	14.49	40.21	<b>56.33</b>
<b>14</b>	361	9.82	35.54	14.15	39.88	<b>55.03</b>
<b>15</b>	256A	9.74	35.46	13.86	39.58	<b>53.89</b>
<b>16</b>	418	9.54	35.26	13.59	39.31	<b>52.84</b>
<b>17</b>	387	9.26	34.98	13.34	39.06	<b>51.85</b>
<b>18</b>	311	8.88	34.60	13.09	38.81	<b>50.88</b>
<b>19</b>	378	8.58	34.30	12.85	38.57	<b>49.96</b>
<b>20</b>	301	8.49	34.21	12.63	38.35	<b>49.11</b>
<b>21</b>	230	8.16	33.88	12.42	38.14	<b>48.28</b>
<b>22</b>	415B	7.90	33.63	12.21	37.93	<b>47.49</b>
<b>23</b>	296	7.40	33.12	12.00	37.73	<b>46.67</b>
<b>24</b>	388	6.93	32.65	11.79	37.51	<b>45.85</b>
<b>25</b>	260	6.12	31.84	11.57	37.29	<b>44.97</b>
<b>26</b>	422	6.04	31.76	11.35	37.07	<b>44.14</b>
<b>27</b>	405A	5.68	31.40	11.14	36.86	<b>43.32</b>
<b>28</b>	226	5.63	31.35	10.95	36.67	<b>42.56</b>
<b>29</b>	258A	5.61	31.33	10.76	36.48	<b>41.84</b>
<b>30</b>	270	5.59	31.31	10.59	36.31	<b>41.17</b>
<b>31</b>	320	5.51	31.23	10.43	36.15	<b>40.54</b>
<b>32</b>	416	5.33	31.05	10.27	35.99	<b>39.92</b>
<b>33</b>	234	5.27	30.99	10.12	35.84	<b>39.33</b>
<b>34</b>	428A	5.00	30.72	9.97	35.69	<b>38.74</b>
<b>35</b>	417A	4.93	30.65	9.82	35.54	<b>38.18</b>
<b>36</b>	499	4.88	30.60	9.68	35.40	<b>37.65</b>
<b>37</b>	384	4.61	30.33	9.55	35.27	<b>37.12</b>
<b>38</b>	228D	4.40	30.12	9.41	35.13	<b>36.59</b>

<b>39</b>	491	4.39	30.11	9.28	35.00	<b>36.09</b>
<b>40</b>	423	4.18	29.90	9.16	34.88	<b>35.59</b>

---

**g**: Genótipo individual, **u**: Média geral para o caráter avaliado,