

**INSTITUTO FEDERAL**  
**GOIANO**  
Câmpus Rio Verde

**BACHARELADO EM AGRONOMIA**

**DIVERSIDADE GENÉTICA EM BARUEIRO BASEADA  
EM VARIÁVEIS BIOMÉTRICAS E FISIOLÓGICAS EM  
UM TESTE DE PROGÊNIES E PROCEDÊNCIAS**

**HELEN CRISTINE DA SILVA CRUVINEL**

Rio Verde, GO  
2022

**INSTITUTO FEDERAL DE EDUCAÇÃO, CIÊNCIA E  
TECNOLOGIA GOIANO – CÂMPUS RIO VERDE  
BACHARELADO EM AGRONOMIA**

**HELEN CRISTINE DA SILVA CRUVINEL**

Trabalho de Curso apresentado ao Instituto Federal Goiano – Câmpus Rio Verde, como requisito parcial para a obtenção do Grau de Bacharel em Agronomia.

Orientador: Prof. Dr. Fernando Higino de Lima e Silva

Rio Verde – GO  
Abril, 2022

Cruvinel , Helen  
C C957d      DIVERSIDADE GENÉTICA EM BARUEIRO BASEADA EM  
VARIÁVEIS BIOMÉTRICAS E FISIOLÓGICAS EM UM TESTE DE  
PROGÊNIES E PROCEDÊNCIAS / Helen Cruvinel ;  
orientador Fernando Higino . -- Rio Verde, 2022.  
28 p.

TCC (Graduação em Agronomia ) -- Instituto Federal  
Goiano, Campus Rio Verde, 2022.

1. Cerrado. 2. Dipteryx alata Vogel. 3.  
Mahalanobis. 4. UPGMA. 5. Singh. I. Higino ,  
Fernando , orient. II. Título.

**TERMO DE CIÊNCIA E DE AUTORIZAÇÃO PARA DISPONIBILIZAR PRODUÇÕES TÉCNICO-CIENTÍFICAS NO REPOSITÓRIO INSTITUCIONAL DO IF GOIANO**

Com base no disposto na Lei Federal nº 9.610/98, AUTORIZO o Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia Goiano, a disponibilizar gratuitamente o documento no Repositório Institucional do IF Goiano (RIIF Goiano), sem ressarcimento de direitos autorais, conforme permissão assinada abaixo, em formato digital para fins de leitura, download e impressão, a título de divulgação da produção técnico-científica no IF Goiano.

**Identificação da Produção Técnico-Científica**

- |  |   |
|--|---|
| <input type="checkbox"/> Tese  | <input type="checkbox"/> Artigo Científico              |
| <input type="checkbox"/> Dissertação                                 | <input type="checkbox"/> Capítulo de Livro              |
| <input type="checkbox"/> Monografia – Especialização                 | <input type="checkbox"/> Livro                          |
| <input checked="" type="checkbox"/> TCC - Graduação                  | <input type="checkbox"/> Trabalho Apresentado em Evento |
| <input type="checkbox"/> Produto Técnico e Educacional - Tipo: _____ |   |

Nome Completo do Autor: Helen Cristine da Silva Cruvinel

Matrícula: 2017102200240286

Título do Trabalho: DIVERSIDADE GENÉTICA EM BARUEIRO BASEADA EM VARIÁVEIS BIOMÉTRICAS E FISIOLÓGICAS EM UM TESTE DE PROGÊNIES E PROCEDÊNCIAS

**Restrições de Acesso ao Documento**

Documento confidencial:  Não  Sim, justifique: \_\_\_\_\_

Informe a data que poderá ser disponibilizado no RIIF Goiano: 09/05/2022

O documento está sujeito a registro de patente?  Sim  Não

O documento pode vir a ser publicado como livro?  Sim  Não

**DECLARAÇÃO DE DISTRIBUIÇÃO NÃO-EXCLUSIVA**

O/A referido/a autor/a declara que:

- o documento é seu trabalho original, detém os direitos autorais da produção técnico-científica e não infringe os direitos de qualquer outra pessoa ou entidade;
- obteve autorização de quaisquer materiais incluídos no documento do qual não detém os direitos de autor/a, para conceder ao Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia Goiano os direitos requeridos e que este material cujos direitos autorais são de terceiros, estão claramente identificados e reconhecidos no texto ou conteúdo do documento entregue;
- cumpriu quaisquer obrigações exigidas por contrato ou acordo, caso o documento entregue seja baseado em trabalho financiado ou apoiado por outra instituição que não o Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia Goiano.

Rio Verde, 09/05/2022.



Assinatura do Autor e/ou Detentor dos Direitos Autorais

Ciente e de acordo:



Assinado de forma  
digital por Fernando  
Higino de Lima e Silva  
Dados: 2022.05.09  
07:53:31 -03'00'

---

Assinatura do(a) orientador(a)



SERVIÇO PÚBLICO FEDERAL  
MINISTÉRIO DA EDUCAÇÃO  
SECRETARIA DE EDUCAÇÃO PROFISSIONAL E TECNOLÓGICA  
INSTITUTO FEDERAL DE EDUCAÇÃO, CIÊNCIA E TECNOLOGIA GOIANO

Ata nº 32/2022 - GGRAD-RV/DE-RV/CMPRV/IFGOIANO

### **ATA DE DEFESA DE TRABALHO DE CURSO**

Aos vinte e nove dias do mês de abril de 2022, às 14 horas, reuniu-se a banca examinadora composta pelos membros: Prof. Dr. Charlys Roweder, Eng. Agrônomo Carlos Henrique de Lima e Silva e Prof. Dr. Fernando Higino de Lima e Silva (orientador), para examinar o Trabalho de Curso intitulado "**DIVERSIDADE GENÉTICA EM BARUEIRO BASEADA EM VARIÁVEIS BIOMÉTRICAS E FISIOLÓGICAS EM UM TESTE DE PROGÊNIES E PROCEDÊNCIAS**" da discente Helen Cristine da Silva Cruvinel, Matrícula nº 2017102200240286 do Curso de Bacharelado em Agronomia do IF Goiano – Campus Rio Verde. A palavra foi concedida ao estudante para a apresentação oral do TC, houve arguição do candidato pelos membros da banca examinadora. Após tal etapa, a banca examinadora decidiu pela APROVAÇÃO do estudante. Ao final da sessão pública de defesa foi lavrada a presente ata que segue assinada pelos membros da Banca Examinadora.

*(Assinado Eletronicamente)*

Fernando Higino de Lima e Silva

Orientador(a)

*(Assinado Eletronicamente)*

Charlys Roweder

Membro

*(Assinado Eletronicamente)*

Carlos Henrique de Lima e Silva

Membro

**Observação:**

( ) O(a) estudante não compareceu à defesa do TC.

Documento assinado eletronicamente por:

- Carlos Henrique de Lima e Silva, 2020102320140080 - Discente, em 02/05/2022 20:08:02.
- Charlys Roweder, PROFESSOR 3 GRAU - VISITANTE, em 02/05/2022 10:17:26.
- Fernando Higino de Lima e Silva, PROFESSOR ENS BASICO TECN TECNOLOGICO, em 02/05/2022 10:14:47.

Este documento foi emitido pelo SUAP em 29/04/2022. Para comprovar sua autenticidade, faça a leitura do QRCode ao lado ou acesse <https://suap.ifgoiano.edu.br/autenticar-documento/> e forneça os dados abaixo:

Código Verificador: 383526  
Código de Autenticação: 8334adaec8



INSTITUTO FEDERAL GOIANO  
Campus Rio Verde  
Rodovia Sul Goiana, Km 01, Zona Rural, None, RIO VERDE / GO, CEP 75901-970  
(64) 3620-5600

## **AGRADECIMENTOS**

Gostaria de agradecer, primeiramente, a Deus por ter me dado essa oportunidade e ter me nutrido de força e perseverança durante esses anos de ensinamento.

Quero agradecer a minha família, a minha mãe Rozimar Delfino da Silva, ao meu irmão Ian da Silva Cruvinel, ao meu pai Reginaldo Oliveira Cruvinel, a minha Avó Dalva Delfino da Silva, e ao meu primo e irmão, Bruno Oliveira da Silva. Agradeço a todos por toda ajuda, incentivo e paciência durante essa minha longa caminhada.

Agradecer ao Instituto Federal Goiano, pela oportunidade de fazer o curso de Agronomia em uma instituição tão importante. reconhecida e comprometida com o ensino e a pesquisa, em especial ao meu orientador Fernando Higino de Lima e Silva, pela orientação e aos cinco anos de iniciação científica.

A todos os meus amigos e colegas, por tanto apoio prestado sem nunca pedirem nada em troca, toda sinceridade, todas as risadas e conversas, estão todos guardados em meu coração juntamente com as lembranças, sejam elas felizes ou tristes. Sinto-me muito grata por cada uma dessas almas, e é como dizem, nossos amigos são anjos enviados de presente por Deus.

Ao Programa Institucional de Bolsas de Iniciação Científica (PIBIC), pela bolsa de iniciação científica e auxílio financeiro.

Enfim, gratidão a todos que de forma direta ou indireta contribuíram para que eu chegasse até aqui. Obrigada!

## RESUMO

Cruvinel, Helen Cristine da Silva. **Diversidade genética em barueiro baseada em variáveis biométricas e fisiológicas em um teste de progênies e procedências**. 2022. 33p. Monografia (Curso de Bacharelado em Agronomia). Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia Goiano – Campus Rio Verde, Rio Verde, GO, 2022.

O barueiro pertence a família fabacea, é uma espécie típica do Cerrado e possui grande potencial econômico. Neste sentido, para subsidiar os processos tecnológicos do barueiro, a conservação de germoplasma ‘*ex situ*’ faz-se necessária. Isto posto, o objetivo da presente proposta é estimar a diversidade genética entre progênies de barueiro para caracteres em estágio inicial em um teste de progênies e procedências. O teste em questão foi instalado em área experimental do IF Goiano – Campus Rio Verde em fevereiro de 2018. O material genético do banco de germoplasma consiste de progênies formadas a partir de sementes coletadas em árvores matrizes de diferentes procedências do estado de Goiás, a saber: Bom Jardim de Goiás, Iporá, Urutaí e Ipameri. As progênies foram fenotipadas mediante caracteres biométricos e fisiológicos nas estações Inverno e Primavera, a saber: altura da planta, diâmetro do caule, Clorofila A e Clorofila B sendo realizadas três avaliações em cada estação. Avaliou-se a consistência do agrupamento UPGMA com base nas distâncias de Mahalanobis como medida de dissimilaridade. Ainda foi utilizado o método de Singh (1981) para verificar a proporção da variação observada para cada variável. Observou-se a formação de quatro e cinco grupos geneticamente dissimilares nas estações Inverno e Primavera, respectivamente. As progênies mais divergentes na estação Inverno foram 2 e 30. Na estação Primavera as progênies mais divergentes foram 3 e 9. As variáveis altura da planta e diâmetro do caule foram as que mais contribuíram para a formação de grupos pelo método de agrupamento UPGMA.

Palavras-chave: Cerrado; *Dipteryx alata* Vogel; Mahalanobis; UPGMA; Singh.

## SUMÁRIO

<b>1. Introdução.....</b>	<b>11</b>
<b>2. Revisão de Literatura .....</b>	<b>11</b>
<b>2.1. Cerrado.....</b>	<b>11</b>
<b>2.2. Barú (<i>Dipteryx alata</i> Vog.) .....</b>	<b>12</b>
<b>2.3. Variabilidade genética.....</b>	<b>13</b>
<b>3. Material e Métodos .....</b>	<b>14</b>
<b>4. Resultados e Discussões .....</b>	<b>18</b>
<b>5. Conclusões .....</b>	<b>22</b>
<b>6. Referências Bibliográficas .....</b>	<b>23</b>

## 1. INTRODUÇÃO

Dentre as savanas mais ricas em biodiversidade do mundo, o bioma do Cerrado brasileiro possui um amplo patrimônio de recursos naturais renováveis. Dentre as espécies, as frutíferas se destacam por serem exóticas e detentoras de características sensoriais, peculiares e intensas. Estas características únicas creditam aos frutos um potencial de exploração nacional e internacional, despertando o interesse dos consumidores e contribuindo com a busca das indústrias por inovações que proporcionem um desenvolvimento competitivo (MORZELLE et al, 2015).

O barueiro (*Dipteryx alata* Vogel), pertencente à família Fabaceae, é uma espécie típica do Cerrado brasileiro e apresenta grande potencial econômico, pois possui diversos meios a ser utilizado: alimentício, forrageiro, oléico, madeireiro e paisagístico, além desses, também pode ser empregado em recuperação de áreas degradadas e plantio de enriquecimento de pastagens. Estudos reportados por Oliveira (1998) e Rocha et al. (2002) demonstraram variabilidade genética nos caracteres de crescimento (diâmetro e altura), indicando que essa espécie tem potencialidade para o melhoramento genético.

Segundo Silva et al. (2015) espécies arbóreas apresentam maior variabilidade genética dentro das populações. Estudos com baru demonstram forte estrutura genética espacial, tanto entre, quanto dentro de populações locais (SOARES et al., 2008; COLLEVATTI et al, 2010, 2013; DINIZ-FILHO et al., 2012). Ainda para a cultura do baru, mediante avaliações de caracteres nutricionais nas castanhas, Canuto et al. (2008) identificaram a maior parte da diversidade genética dentro das populações estudadas.

Em espécies arbóreas, a conservação “*ex situ*” na forma de teste de procedências e progênies é indicada por permitir o monitoramento da variabilidade genética de caracteres relacionados ao crescimento (altura, diâmetro, volume e forma do fuste) e adaptativos (sobrevivência e frutificação) ao longo do tempo e servir como população base para programas de melhoramento e produção de sementes para reflorestamentos ambientais (ZARUMA et al 2015). Portanto, este trabalho teve como objetivo estimar a diversidade genética em barueiro baseada em variáveis biométricas e fisiológicas em um teste de progênies e procedências instalado no Instituto Federal Goiano, Campus Rio Verde.

## 2. REVISÃO DE LITERATURA

### 2.1. Cerrado

Um quarto do território nacional está ocupado pelo Cerrado, considerado o segundo maior bioma do Brasil, sendo sua área ultrapassada apenas pela Floresta Amazônica,

totalizando 204 milhões de hectares (SILVA. et al., 2001; MMA, 2011). Esse bioma encontra-se estabelecido na região central do Brasil, composto por uma área contínua, abrangendo completamente os Estados de Goiás, Tocantins e o Distrito Federal, uma parte dos Estados da Bahia, Ceará, Maranhão, Mato Grosso, Mato Grosso do Sul, Minas Gerais, Piauí, Rondônia e São Paulo e em alguns poucos locais ao norte nos Estados do Amapá, Amazonas, Pará e Roraima, e ao sul, em pequenas manchas no Paraná (RIBEIRO; WALTER, 1998; SILVA et al., 2001; SANO et al., 2008; RATTER et al., 2000).

O Cerrado é composto por duas ecorregiões principais: a do cerrado strictosensu e as florestas secas de Chiquitano WWF (2002), Este mesmo estudo nos revela a existência de duas ecorregiões transacionais, uma entre o Cerrado e a Amazônia - as florestas secas do Mato Grosso - e a outra entre o Cerrado e a Caatinga - as florestas secas do Nordeste.

O Cerrado é a savana de maior biodiversidade do planeta, possuindo uma quantidade estimada entre 80.000 e 160.000 espécies, incluindo diversas espécies endêmicas, que são aquelas nativas e exclusivas de uma única área geográfica (PORTAL BRASIL, 2004).

A vegetação, considerada típica do Cerrado, possui árvores de pequeno porte com caules retorcidos e casca grossa, sendo altamente resistente em situações adversas como seca e fogo (CATANOZI, 2010). Os solos que constituem o bioma possuem baixas quantidades em nutrientes minerais, apresentam alto grau de acidez e, em sua maioria, quantidades tóxicas de alumínio (MELO, 1999).

## **2.2. Baru (*Dipteryx alata* Vog.)**

O baru (*Dipteryx alata* Vog.) é uma espécie arbórea da família Fabaceae, e ocorre nas formações florestais cerradão e mata, nas áreas de transição entre Cerrado e mata estacional ou mata de galeria e no Cerrado sentido restrito. É uma planta amplamente distribuída no Brasil dentro do Bioma Cerrado, nos estados de Minas Gerais, Goiás, Mato Grosso, Mato Grosso do Sul, Maranhão, Pará, Rondônia, São Paulo e de Tocantins. (Lorenzi, 1998, Sano et al., 2010).

O baru possui nomes populares diferentes de acordo com a localidade de ocorrência (CARVALHO, 2003), por exemplo cumaru, fava-de-cumaru, pau-cumaru, cumbaru, cumaruna, barujo, feijão-coco, bauí, bugreiro, chuva-de-ouro, guaiçára, emburena-brava, sucupira-branca, imburana-brava, baruzeiro e baru (LORENZI, 1992; CARVALHO, 2003; MARCELINO et al., 2018).

O barueiro é uma árvore que apresenta, em torno, 5 a 10 m de altura e de 6 m a 11 m de diâmetro da copa, podendo ainda alcançar até 25 m de altura em solos mais férteis. É uma planta perenifólia a levemente caducifólia, com copa densa e arredondada (Lorenzi, 2002, Sano et al.,

2010).

A época de floração e frutificação do baruzeiro pode variar a depender da região ao qual está inserida (CARVALHO, 2003), e a colheita é feita após o pico de queda dos frutos maduros (CARRAZZA; ÁVILA, 2010). O fruto é uma vagem drupácea elíptica; a castanha é grande, elipsoide, lisa, hilo branco e cor variando de castanho-escuro ao castanho ou amarelo esverdeado (MACEDO, 1992).

As flores são hermafroditas, consideradas pequenas, odoríferas, diurnas e duram até 10 horas. As anteras produzem pólen com 94,4% de viabilidade.

### **2.3 Variabilidade genética**

As diferenças fenotípicas e genéticas dentro e entre populações, para diferentes caracteres, são as formas adequadas para determinações da estrutura genética de uma população. Porém, é necessário que as sementes coletadas de indivíduos e/ou populações representativas sejam testadas em condições de laboratório, viveiro ou campo, com o controle de efeitos ambientais adequados (Kageyama e Dias 1982).

O melhoramento genético bem sucedido está associado à capacidade de acerto na escolha dos melhores indivíduos que serão os genitores das próximas gerações (CRUZ e CARNEIRO, 2003). Uma das maneiras de identificar os indivíduos que possuem genes desejáveis é a avaliação genética dos genitores à seleção. Em plantas perenes, é recomendado que a seleção seja feita com base nos valores genéticos aditivos dos indivíduos que serão utilizados na recombinação e nos valores genotípicos dos indivíduos que passarão pelo processo. (RESENDE, 2002a).

Entre os métodos que podem ser utilizados para a obtenção de estimativas dos parâmetros genéticos destaca-se a metodologia REML/BLUP (máxima verossimilhança restrita/melhor predição linear não viciada), pela acurácia que confere às estimativas obtidas de ensaios desbalanceados (RESENDE, 2002b; RESENDE et al., 1998; RESENDE et al., 1997).

Para se avaliar o grau de diversidade, o uso de distância genética utilizando caracteres fenotípicos, em associação às análises multivariadas, são técnicas auxiliares de grande importância (CRUZ; FERREIRA; PESSONI, 2011). Segundo os mesmos autores, a diversidade genética demonstra a similaridade e distanciamento genético entre populações, que se dão por fatores genéticos e ambientais.

Para análises de caracteres quantitativos em estudos genéticos, a utilização de medidas

de dissimilaridade faz-se importante, tendo como as mais utilizadas: a distância euclidiana, a distância euclidiana média e a distância generalizada de Mahalanobis (CRUZ; FERREIRA; PESSONI, 2011).

Para se obter essas medidas de forma prática e eficiente usa-se análise de agrupamentos, a qual tem como objetivo reunir os indivíduos em grupos, deixando-os com a máxima homogeneidade dentro do grupo e a máxima heterogeneidade entre os grupos (Johnson & Wichern, 1992; Cruz & Regazzi, 2001). Dentre os métodos de agrupamento, os mais usuais são os de otimização e os hierárquicos (Cruz et al., 2011).

Dentre os métodos de agrupamentos existentes os principais são: UPGMA (*Unweighted Pair-Group Method using Arithmetic Averages*), do centroide (UPGMC), da média ponderada (WPGMA) e o da variância mínima de Ward (MINGOTI, 2005; CRUZ; FERREIRA; PESSONI, 2011; FERREIRA, 2011).

À partir dos elementos da matriz cofenética (matriz de distâncias entre as cultivares, obtida a partir do dendrograma) obtém-se o coeficiente de correlação cofenética. Esse coeficiente é utilizado para avaliar a consistência do padrão de agrupamento de métodos de agrupamento hierárquicos, sendo que valores próximos à unidade indicam melhor representação (Barroso & Artes, 2003; Cruz & Carneiro, 2003).

### **3. MATERIAL E MÉTODOS**

#### **Procedências e descrição experimental**

O banco de germoplasma “*ex situ*” de barueiro (*Dipteryx alata* Vogel) encontra-se instalado no Instituto Federal Goiano – Campus Rio Verde (17°48’36’’S, 50°54’10’’W).

O material genético do banco de germoplasma é composto por 31 progênies de meio-irmãos geradas de sementes advindas de quatro procedências do estado de Goiás, Brasil: Bom Jardim de Goiás (noroeste goiano), Iporá (centro goiano) Ipameri (sul goiano), e Urutaí (sul goiano) (Tabela 1). As mudas foram semeadas uma a uma por tubete, deixadas em viveiro ao ar livre por 90 dias e posteriormente transplantadas ao campo.

**Tabela 1.** Procedências de coleta das sementes das 31 progênes de meios-irmãos de barueiro avaliadas.

<b>Progênie</b>	<b>Local</b>
1	Bom Jardim de Goiás – GO
2	Bom Jardim de Goiás – GO
3	Bom Jardim de Goiás – GO
4	Bom Jardim de Goiás – GO
5	Bom Jardim de Goiás – GO
6	Bom Jardim de Goiás – GO
7	Bom Jardim de Goiás – GO
8	Bom Jardim de Goiás – GO
9	Bom Jardim de Goiás – GO
10	Bom Jardim de Goiás – GO
11	Bom Jardim de Goiás – GO
12	Iporá – GO
13	Iporá – GO
14	Iporá – GO
15	Iporá - GO
16	Iporá – GO
17	Iporá – GO
18	Iporá – GO
19	Urutaí – GO
20	Urutaí – GO
21	Urutaí – GO
22	Urutaí – GO
23	Urutaí – GO
24	Urutaí – GO
25	Ipameri – GO
26	Ipameri – GO
27	Ipameri – GO
28	Ipameri – GO
29	Ipameri – GO
30	Ipameri – GO
31	Ipameri – GO

As progênes de meios-irmãos foram plantadas em 23 de fevereiro de 2018 (Figura 1) e estão alocadas em um delineamento em blocos ao acaso, 10 repetições e uma planta por parcela experimental, no espaçamento de 5 x 4 m, totalizando 310 plantas (Figura 2).



**Figura 1.** Plantio de mudas



**Figura 2.** Foto da coleção atualizada

### **Caracteres morfológicos**

Foram avaliados diâmetro do caule (mm) e altura de planta (cm). O diâmetro do caule foi mensurado a dois centímetros do solo com uso de paquímetro digital. A altura de planta foi mensurada desde o solo até a inserção da folha nova existente no meristema apical do caule principal através do uso de uma régua graduada. Para esses caracteres, a observação consistiu na média de três avaliações, igualmente distribuídas dentro de cada estação, a saber: inverno (03/07/2021 a 04/09/2021) e primavera (09/10/2021 a 04/12/2021).

### **Caracteres fisiológicos**

### **Índices de Clorofila**

Os índices das clorofilas a e b foram avaliados com o uso de um medidor eletrônico de clorofila - ClorofiLOG (modelo CFL 1030, Falker Automação Agrícola, Brasil), que forneceram valores do Índice de Clorofila Falker (ICF). As mensurações foram realizadas no terço médio da lâmina foliar da 3ª ou 4ª folha. A partir dos valores mensurados foram calculados os índices de clorofila total e a razão clorofila a/clorofila b. Para esses caracteres, a observação consistiram na média de três avaliações, igualmente distribuídas dentro das estações inverno e primavera.

### **Análises genético-estatísticas**

Para a elaboração dos agrupamentos, para as estações inverno e primavera, utilizou-se a distância generalizada de Mahalanobis e o método UPGMA.

Os cálculos foram realizados conforme as equações descritas por Cruz et al. (2011), conforme abaixo:

#### **- Método de agrupamento UPGMA**

No método de agrupamento da ligação média não ponderada entre os grupos (UPGMA) utiliza-se as médias aritméticas das medidas de dissimilaridade, procurando não caracterizar a dissimilaridade por valores extremos entre os acessos considerados.

A regra geral é que se construa o dendrograma pelo genótipo de maior similaridade. Contudo, a distância entre um indivíduo k e um grupo, formado pelos indivíduos i e j, é estabelecida pela equação 1:

$$d(ij)k = \text{média}(dik; djk) = \frac{dik + djk}{2} \quad (\text{Equação 1})$$

ou seja, a  $d(ij)k$  é dada pela média do conjunto das distâncias dos pares de indivíduos (i e k) e (j e k).

E uma expressão geral para a média não ponderada entre grupos pode ser apresentada por meio da equação 2:

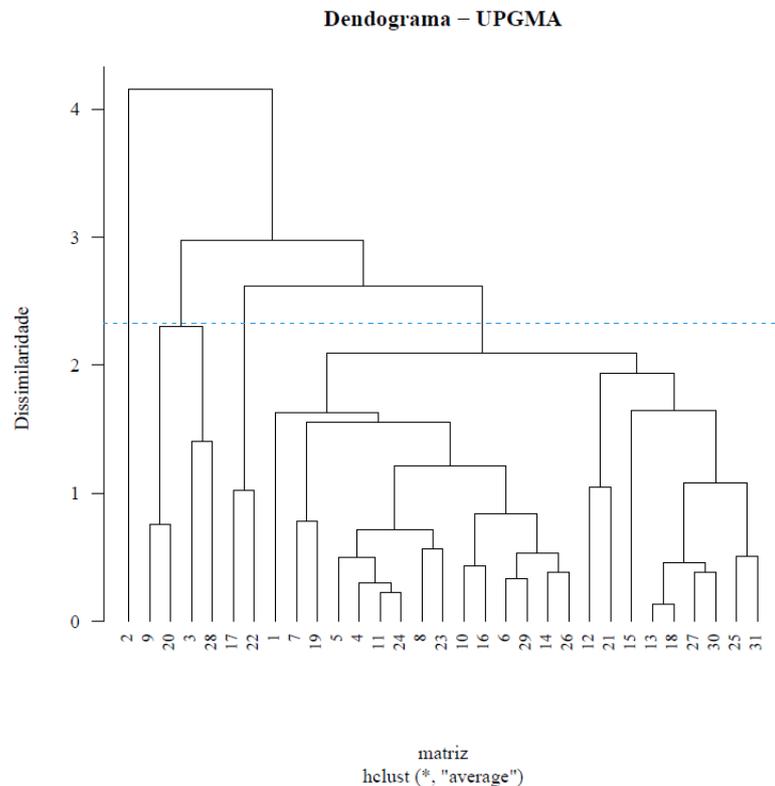
$$d(ij)k = \frac{ni}{ni+nj} dik + \frac{nj}{ni+nj} djk \quad (\text{Equação 2})$$

em que,  $d(ij)k$  é estabelecido como a distâncias entre o grupo (ij), com tamanho interno  $n_i$  e  $n_j$ , respectivamente, e o grupo k. Nesta formula, caracterizam-se os indexadores i, j e k como indivíduos ou grupos. Essa interpretação deverá ser a mesma para os métodos subsequentes.

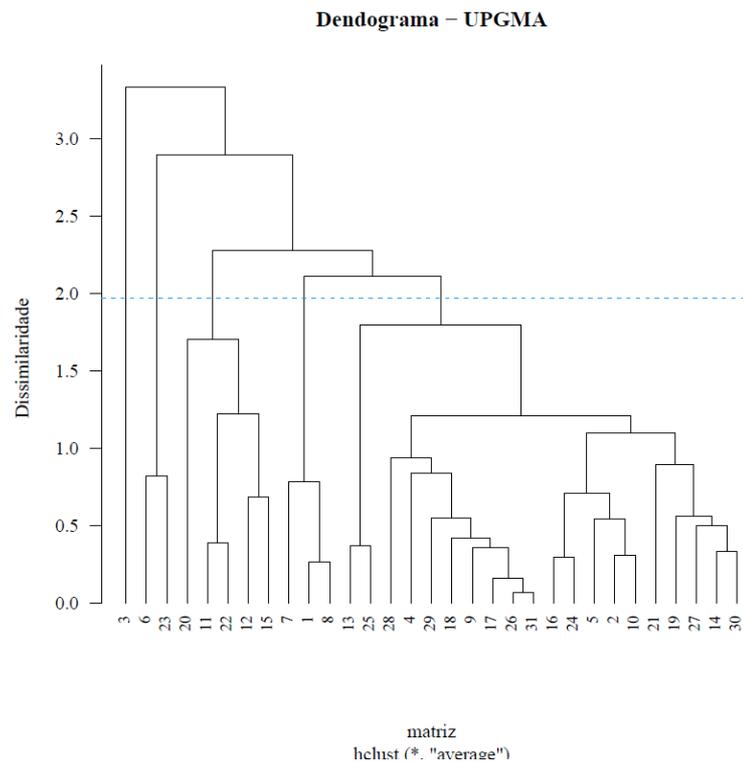
Todas as análises genético-estatísticas foram realizadas utilizando o software R-bio (Bhering, 2017.)

#### 4 RESULTADOS E DISCUSSÃO

O método de agrupamento UPGMA permitiu a formação de quatro grupos distintos na estação inverno e cinco grupos na estação primavera (Figura 3) e (Figura 4), respectivamente.



**Figura 3.** Dendograma resultante do agrupamento de 31 progênies de barueiro, com base em caracteres de crescimento (altura da planta, diâmetro de caule) e fisiológicos (clorofila A e clorofila B) pelo método de agrupamento UPGMA, utilizando a distância generalizada de Mahalanobis como medida de dissimilaridade, na estação inverno.



**Figura 4.** Dendograma resultante do agrupamento de 31 progênies de barueiro, com base em caracteres de crescimento (altura da planta, diâmetro de caulea) e fisiológicos (clorofila A e clorofila b) pelo método de agrupamento UPGMA, utilizando a distância generalizada de Mahalanobis como medida de dissimilaridade, na estação primavera.

Para estação inverno, observou-se que o grupo I foi formado por apenas a progênie 2 (Bom Jardim de Goiás), diferindo-se geneticamente das demais. O grupo II foi formado por quatro progênies, sendo elas: 9, 20, 3 e 28, pertencentes às procedências de Bom Jardim de Goiás, Iporá e Ipameri. O grupo III reuniu as progênies 17 e 22, das cidades Bom Jardim de Goiás e Urutaí, respectivamente. O grupo IV reuniu o maior número de progênies, demonstrando menor divergência genética entre elas.

Para estação primavera observou-se que o grupo I foi formado apenas pela progênie 3 (Bom Jardim de Goiás). O grupo II foi formado pelas progênies 6 e 23, das cidades de Bom Jardim de Goiás e Iporá, respectivamente. O grupo III foi formado pelas progênies 20, 22, 11, 12 e 15, pertencentes às procedências de Urutaí, Bom Jardim de Goiás e Iporá, respectivamente. O grupo IV foi formado pelas progênies 7, 1 e 8 da cidade de Bom Jardim de Goiás. O grupo V reuniu o maior número de progênies, que corresponde à representantes de todas as procedências amostradas, demonstrando que dentro desse grupo há uma menor divergência genética entre as progênies.

Siqueira et al. (1993) argumentam que a baixa diversidade entre populações em diferentes localidades pode ser devido às suas origens em uma população ancestral comum, ou

que essas populações podem ter sido submetidas à ação antrópica, dispersão de frutos via animais ou polinização.

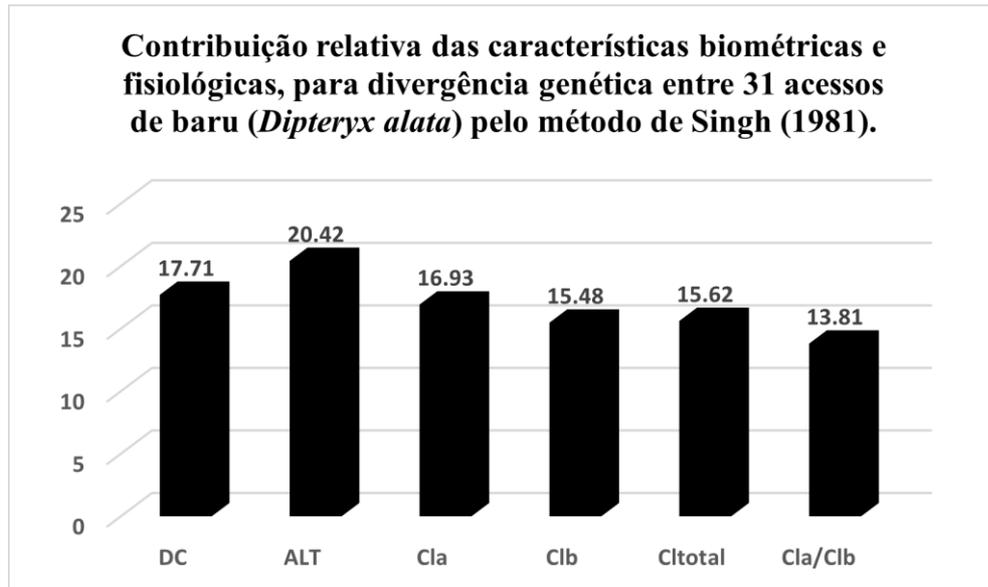
O agrupamento via UPGMA não agrupou progênies por local de coleta, demonstrando a divergência genética entre os acessos da mesma procedência. Isso reforça trabalhos de Sano et al. (1999), Silva et al. (2001) e Ribeiro et al. (2012), em que a maior parte da variabilidade está presente dentro das populações, possibilitando o uso dessas progênies em futuros programas de melhoramento que visem a obtenção de indivíduos transgressivos.

O desempenho da análise do agrupamento hierárquico UPGMA, com base em descritores biométricos e fisiológicos, foi estimado por meio do coeficiente de correlação cofenética (CCC). Neste estudo, o coeficiente de correlação cofenética na estação inverno foi 0,67 e na estação primavera foi 0,68, demonstrando que apesar do CCC não estar consideravelmente próximo a 1,00, ainda assim está condizente ao estudo, considerando o desbalanceamento experimental e, por questões de exequibilidade, apenas uma planta por parcela.

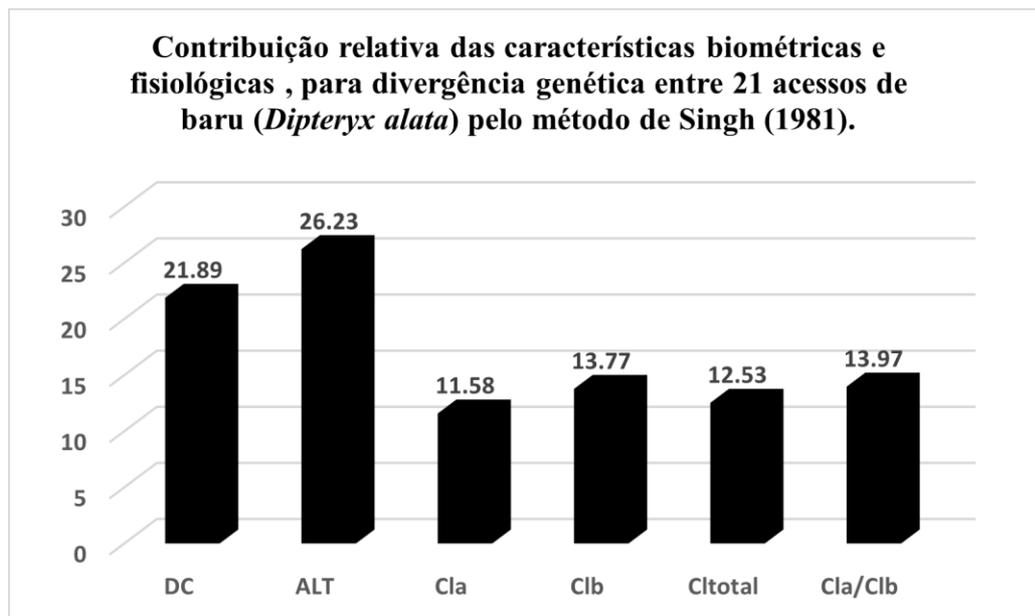
Costa et al. (2016) realizaram um estudo de diversidade de *Casearia grandiflora* em duas áreas de Cerrado do Piauí e, analisando 15 caracteres de natureza quantitativa, observaram CCC de 0,73. Santos et al. (2018), em estudos sobre a diversidade genética em pequizeiro (*Caryocar brasiliense*) mediante características físicas de frutos e em diferentes anos, obtiveram CCC de 0,86, 0,82 e 0,85 para os anos de 2010, 2011 e 2012, respectivamente.

Empregou-se o método Singh (1981) para avaliar a contribuição relativa das seis variáveis analisadas nas estações inverno primavera (Figura 5) e (Figura 6) respectivamente. Observou-se que as características com maior contribuição para a variação total e para a formação dos grupos foram altura de planta e diâmetro do caule nas duas estações avaliadas, porém nenhuma das demais podendo ser descartadas em estudos posteriores.

Santos (2019), estimando a diversidade genética das árvores matrizes que originaram as progênies do presente estudo, mediante caracteres físicos e físico-químicos de frutos e castanhas de baru, observou que as características com maior contribuição para a variação total e para a formação dos grupos foram massa de fruto (52,20%), diâmetro longitudinal de fruto (20,75%), diâmetro transversal de fruto (10,61%) e a espessura de fruto (5,70%), sendo responsáveis por aproximadamente 89% da variação total observada. Saber qual característica mais contribui na diversidade genética se faz importante na seleção de quais caracteres são importantes para serem mensurados em um programa inicial de melhoramento genético.



**Figura 5.** Contribuição relativa (%) das características biométricas e fisiológicas para divergência genética entre 31 progênes de barueiro (*Dipteryx alata*) pelo método de Singh (1981) na estação inverno. Diâmetro do caule (DC); Altura da planta (ALT); Clorofila A (Cla); Clorofila B (Clb), Clorofila Total (Cltotal); Razão Clorofila A com Clorofila B (Cla/Clb)



**Figura 6.** Contribuição relativa (%) das características biométricas e fisiológicas para divergência genética entre 31 acessos de barueiro (*Dipteryx alata*) pelo método de Singh (1981) na estação primavera. Diâmetro do caule (DC); Altura da planta (ALT); Clorofila A (Cla); Clorofila B (Clb), Clorofila Total (Cltotal); Razão Clorofila A com Clorofila B (Cla/Clb)

## 5. CONCLUSÕES

Verificou-se a existência de variabilidade genética entre as progênies estudadas. O método UPGMA levou à formação de quatro e cinco grupos nas estações inverno e primavera, respectivamente. As progênies mais divergentes foram 2 e 30 na estação inverno, e 3 e 29 na estação primavera

As variáveis biométricas altura de planta e diâmetro de caule foram as que mais contribuíram para a formação de grupos pelo método de agrupamento UPGMA, sendo importantes para futuros estudos de variabilidade genética do barueiro. No entanto, nenhuma variável deverá ser descartada tendo em vista sua representatividade na variação total.

## 6. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ALMEIDA, S. P. Frutas nativas do Cerrado: caracterização físico-química e fonte potencial de nutrientes. *In*: SANO, S. M.; ALMEIDA, S. P. Cerrado: Ambiente e Flora. Planaltina-DF: Embrapa Cerrados, 1998.

BARROSO, L.P.; ARTES, R. Análise multivariada Lavras: UFPA, 2003. 151p.

BHERING, L.L. RBIO: A Tool For Biometric And Statistical Analysis Using The R Platform. *Crop Breeding and Applied Biotechnology*, v.17: 187-190p, 2017.

CANUTO, D. S. O.; SILVA, A. M.; MORAES, M. A.; SILVA, C. L. S. P.; MORAES, M. L. T.; SÁ, M. E. Variabilidade genética de populações naturais de *Dipteryx alata* Vog. por meio de caracteres nutricionais em castanhas. *Revista do Instituto Florestal*, v.20, p. 155 - 163, 2008.

CARVALHO, P. E. R. Espécies Arbóreas Brasileiras, v.1. Brasília: Embrapa Informação Tecnológica, p. 1039, 2003.

CARRAZZA, L. R.; ÁVILA, J. C. C. Manual Tecnológico de Aproveitamento Integral do fruto do baru. Baru. Brasília – DF. Instituto Sociedade, População e Natureza (ISPN). Brasil, 56 p.; (Série Manual Tecnológico), 2010.

CATANOZI, G. Análise espacial da macrofauna edáfica sob diferentes condições ambientais dos trópicos úmidos. 2010. 202 f. Tese (Doutorado em Geografia) - Universidade Estadual de Campinas, Campinas, 2010.

COLLEVATTI, R. G.; LIMA, J. S.; SOARES, T.N.; TELLES, M. P. C. Spatial genetic structure and life history traits in cerrado tree species: inferences for conservation. *Nat Conserv*, v. 8, p. 54–59, 2010.

COLLEVATTI, R. G., TELLES, M. P. C., NABOUT, J. C., CHAVES, L. J.; SOARES, T. N. Demographic history and the low genetic diversity in *Dipteryx alata* (Fabaceae) from Brazilian Neotropical savannas. *Heredity*, v. 111, p. 97–105. 2013. doi:10.1038/hdy.2013.

COSTA MF, LOPES ACA, GOMES RLF, ARAÚJO ASF, ET AL. Caracterização e Divergência Genética de Populações de *Casearia grandiflora* no Cerrado Piauiense. *Floresta Ambient.* 23 387-396. <http://dx.doi.org/10.1590/2179-8087.007115.>, 2016.

CRUZ, C. D.; CARNEIRO, P. C. S. Modelos biométricos aplicados ao melhoramento genético. Viçosa, MG: Universidade Federal de Viçosa, 2003. v.2. 585p.

CRUZ, C. D.; FERREIRA, F. M.; PESSONI, L. A. Biometria aplicada ao estudo da diversidade genética. Visconde do Rio Branco: Suprema, 620 p., 2011.

CRUZ CD; REGAZZI AJ. Modelos biométricos aplicados ao melhoramento genético. 2 ed. Viçosa: UFV. 390p., 2001.

CRUZ, C. D.; FERREIRA, F. M.; PESSONI, L. A. Biometria aplicada ao estudo da diversidade genética. Visconde do Rio Branco: Suprema, 620 p., 2011.

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

CRUZ CD; FERREIRA FM; PESSONI LA. Biometria aplicada ao estudo da diversidade genética Visconde do Rio Branco: Suprema, 2011. 620p.

DINIZ-FILHO, J. A. F.; MELO, D. B.; OLIVEIRA, G.; COLLEVATTI, R. G.; SOARES, T. N.; NABOUT, J. C.; LIMA, J. S.; DOBROWOLSKI, R.; CHAVES, L. J.; NAVES, R. V.; TELLES, M. P. C. Planning for optimal conservation of geographical genetic variability within species. *Conservation Genet*, v. 13, p. 1085–1093, 2012.

FERREIRA, D.F. Estatística Multivariada. 2. ed. Lavras: UFLA. 676p. 2011.

JOHNSON RA; WICHERN DW. Applied Multivariate Statistical Analysis. New Jersey: Englewood Cliffs. 642p. 1992.

KAGEYAMA, P. Y.; DIAS, I. S. Aplicação da genética em espécies florestais nativas. In: CONGRESSO NACIONAL SOBRE ESSÊNCIAS NATIVAS, 5. Campos do Jordão, Anais...

p. 782-791., 1982.

LORENZI, H. Árvores brasileiras: manual de identificação e cultivo de plantas arbóreas nativas do Brasil. 4. ed. Nova Odessa: Instituto Plantarum, 352., 2002.

MORZELLE, MARESSA CALDEIRA.; BACHIEGA, PATRICIA BACHIEGA.; SOUZA, ELLEN CRISTINA; VILAS BOAS, EDUARDO VALERIO DE BARROS.; LAMOUNIER, MARINA LEOPOLDINA. Caracterização química e física de frutos de curriola, gabirola e murici provenientes do cerrado brasileiro. Rev. Bras. Frutic., Jaboticabal - SP, v. 37, n. 1, p. 096-103, março 2015.

MINISTÉRIO DO MEIO AMBIENTE. Situação da Diversidade Biológica Brasileira. In: *Quarto relatório nacional para a Convenção sobre a Diversidade Biológica: Brasil*. Ministério do Meio Ambiente, Brasília. 2011.

MINGOTI, S.A. Análise de dados através de Métodos de Estatística Multivariada: uma abordagem aplicada. Belo Horizonte: UFMG, 2005. 297 p.

MELO, J. T. Resposta de mudas de espécies arbóreas do Cerrado a nutrientes em latossolo vermelho escuro. Tese (Doutorado) – Universidade de Brasília, Brasília – DF.1999.

MACEDO, J. F. As plantas oleaginosas do cerrado de Minas Gerais. Informe Agropecuário, v. 16, p. 21-27, 1992.

OLIVEIRA, A. N. Variação genética entre e dentro de procedências de baru (*Dipteryx alata* Vog.). 1998. 80 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Florestal) –Universidade Federal de Lavras, Lavras, 1998.

OLIVEIRA, M. I. B.; SIGRIST, M. R. Fenologia reprodutiva, polinização e reprodução de *Dipteryx alata* Vogel (Leguminosae-Papilionoideae) em Mato Grosso do Sul, Brasil. Revista Brasileira de Botânica, v. 31, p. 195–207, 2008.

PORTAL BRASIL. Características do Cerrado 2004. Disponível em <<http://www.portalbrasil.eti.br/cerrado>>. Acesso em dez. 2004.

QUEIROZ, F. A. Impactos da sojicultura de exportação sobre a biodiversidade do Cerrado. *Sociedade & Natureza*, Uberlândia, v.21, p.193-209, 2009.

RATTER, J. A.; BRIDGEWATER, S.; RIBEIRO, J. F.; DIAS, T. A. B.; SILVA, M. R. Estudo preliminar da distribuição das espécies lenhosas da fitofisionomia Cerrado sentido restrito nos Estados compreendidos pelo Bioma Cerrado. *Boletim do Herbário Ezechias Paulo Heringer*, Brasília, v. 5, p. 5-43, 2000.

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

RESENDE, M.D.V.; ARAÚJO, A.J.; WIECHETECK, M.S.S. Acurácia seletiva, intervalos de confiança e variâncias de ganhos genéticos associados a 22 métodos de seleção em *Pinus caribaea* var. *hondurensis*. *Floresta*, Curitiba, v.25, n.1/2, p.3-16, 1997.

RESENDE, M.D.V.; MORA, A.L.; HIGA, A.R.; PALUDZYSZYN FILHO, E. Efeito do tamanho amostral na estimativa da herdabilidade em espécies perenes. *Floresta*, Curitiba, v.28, p.51-63, 1998.

RESENDE, M. D. V. SELEGEN-REML/BLUP Seleção genética computadorizada: manual do usuário. Colombo: Embrapa – CNPF, 67p., 2002a.

ROCHA, M.G.B.; ROCHA, D.; CLEMENTE, V.M. Teste de procedências e progênies de baru (*Dipteryx alata* Vogel). In: ROCHA, M.G.B. *Melhoramento de espécies arbóreas nativas*. Belo Horizonte: DDFS/Instituto Estadual de Florestas, p. 29-40., 2002.

RIBEIRO, J. F.; WALTER, B. M. T. Fitofisionomias do Bioma Cerrado. In: SANO, S. M.; ALMEIDA, S. P. (eds.). *Cerrado: ambiente e flora*. Embrapa Cerrados, Planaltina. p. 87-166, 1998.

RIBEIRO FSC, SOUZA VAB, LOPES ACA. Diversidade genética em castanheira-do-gurgueia (*Dipteryx lacunifera* Ducke) com base em características físicas e químico-nutricionais do fruto. *Revista Brasileira de Fruticultura* 34: 190-199., 2012.

SILVA, F. H. de L. E.; FERNANDES, J. S. C.; ESTEVES, E. A.; PINTO, N. A. V. D.; SANTANA, R. C.; SANTOS, P. H. R. dos. Procedências, matrizes e diâmetro do tronco na expressão de variáveis químicas em frutos do pequi. *Revista Brasileira de Ciências Agrárias*, v. 10, p. 134-139, 2015.

SILVA, D. S.; SILVA, J. A. JUNQUEIRA, N. T. V.; ANDRADE, L. R. M. Frutos do cerrado. Brasília: EMBRAPA Informação Tecnológica, 2001.178 p.

SOARES, T. N.; CHAVES, L.J.; TELLES, M. P. C.; DINIZ-FILHO, J. A. F.; RESENDE, L. V. Landscape conservation genetics of *Dipteryx alata* (“baru” tree: Fabaceae) from Cerrado region of central Brazil. *Genetica*, v. 132, p. 9–19, 2008.

SANO, E. E.; ROSA, R.; BRITO, J. L. S.; FERREIRA, L. G. Mapeamento semidetalhado do uso da terra do Bioma Cerrado. *Pesq. agropec. bras.*, v. 43, p. 153-156, 2008.

SANO, S. M.; BRITO, M. A.; RIBEIRO, J. F. Baru. In: VIEIRA, R. F.; AGOSTINICOSTA, T. S.; SILVA, D. B.; FERREIRA, F. R.; SANO, S. M.; (Eds.) Frutas nativas da região Centro-Oeste do Brasil. Brasília: Embrapa Recursos Genéticos e Biotecnologia, 322 p., 2010a.

SANO, S. M.; BRITO, M. A.; RIBEIRO, J. F. Baru. In: VIEIRA, R. F.; AGOSTINICOSTA, T. S.; SILVA, D. B.; FERREIRA, F. R.; SANO, S. M.; (Eds.) Frutas nativas da região Centro-Oeste do Brasil. Brasília: Embrapa Recursos Genéticos e Biotecnologia, 322 p., 2010b.

SANO SM, VIVALDI LJ, SPEHAR CR. Diversidade morfológica de frutos e castanhas de baru (*Dipteryx alata* Vog.). *Pesquisa Agropecuária Brasileira* 34: 513-518., 1999.

SANTOS PHR, GIORDANI SCO, SOARES BC, SILVA FHL, ET AL. Genetic divergence in populations of *Caryocar brasiliense* Camb. from the physical characteristics of the fruits. *Rev. Árvore* 42: e420116. <http://dx.doi.org/10.1590/1806-90882018000100016>., 2018.

SANTOS, FRANCISCA RODRIGUES DA SILVA. Instituto Federal Goiano – Campus Rio Verde – GO., Diversidade genética entre matrizes de baruzeiro (*Dipteryx alata* vog.)

amostradas no estado de Goiás., Julho de 2019.

SILVA RSM, CHAVES LJ, NAVES RV. Caracterização de frutos e árvores de cagaita (*Eugenia dysenterica* DC.) no sudeste do Estado de Goiás, Brasil. *Rev. Bras. Frutic.* 23: 330-334., 2001.

SINGH, D. The relative importance of characters affecting genetic divergence. *Indian Journal of Genetics and Plant Breeding*, New Dehli, v.41, p.237-245, 1981.

SIQUEIRA, C.M.F.; NOGUEIRA, J.C.B.; KAGEYAMA, P.Y. Conservação dos recursos genéticos ex situ do cumbaru *Dipteryx alata* Vog.- Leguminosae. *Revista Instituto Florestal*, São Paulo, v.5, n.2, p.231-243, 1993.

WORLD WILDLIFE FUND WWF. Repercussões Ambientais da Expansão da Soja no Cerrado e seus Vínculos com a Liberalização do Comércio e a Política Macroeconômica Brasileira Brasília: WWF Brasil, 2002.

ZARUMA, D. U. G.; CANUTO, D. S. O.; PUPIN, S. <sup>3</sup>, CAMBUIM, J.; SILVA A. M. D.; <sup>1</sup>, MORI E. S.; SEBBENN, A. M.; MORAES, M. L. T. D.; Variabilidade genética em procedências e progênes de *Dipteryx alata* vogel para fins de conservação genética e produção de sementes. *Sci. For.*, Piracicaba, v. 43, n. 107, p. 609-615, set. 2015