

INSTITUTO FEDERAL DE EDUCAÇÃO, CIÊNCIA E TECNOLOGIA
GOIANO – CAMPUS RIO VERDE
PRÓ-REITORIA DE PESQUISA E PÓS-GRADUAÇÃO
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM CIÊNCIAS AGRÁRIAS -
AGRONOMIA

**DIVERSIDADE GENÉTICA ENTRE MATRIZES DE BARUZEIRO
(*Dipteryx alata* VOG.) AMOSTRADAS NO ESTADO DE GOIÁS**

Autora: Francisca Rodrigues da Silva Santos

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

Rio Verde - GO
Agosto - 2019

INSTITUTO FEDERAL DE EDUCAÇÃO, CIÊNCIA E TECNOLOGIA
GOIANO – CAMPUS RIO VERDE
PRÓ-REITORIA DE PESQUISA E PÓS-GRADUAÇÃO
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM CIÊNCIAS AGRÁRIAS -
AGRONOMIA

**DIVERSIDADE GENÉTICA ENTRE MATRIZES DE BARUZEIRO
(*Dipteryx alata* VOG.) AMOSTRADAS NO ESTADO DE GOIÁS**

Autora: Francisca Rodrigues da Silva Santos

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

Coorientadores: Prof. Dr. Pablo Diego Silva Cabral

Prof. Dr. Leandro Carlos

Dissertação apresentada como parte das exigências para a obtenção do título de MESTRE EM CIÊNCIAS AGRÁRIAS - AGRONOMIA, no Programa de Pós-Graduação em Ciências Agrárias - Agronomia do Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia Goiano – *Campus* Rio Verde, Área de concentração em Produção Vegetal Sustentável no Cerrado.

Rio Verde - GO
Agosto - 2019

Sistema desenvolvido pelo ICMC/USP
Dados Internacionais de Catalogação na Publicação (CIP)
Sistema Integrado de Bibliotecas - Instituto Federal Goiano

S237d Santos, Francisca Rodrigues da Silva
DIVERSIDADE GENÉTICA ENTRE MATRIZES DE BARUZEIRO
(Dipteryx alata VOG.) AMOSTRADAS NO ESTADO DE GOIÁS
/ Francisca Rodrigues da Silva Santos; orientador
Fernando Higino de Lima e Silva; co-orientador Pablo
Diego Silva Cabral. -- Rio Verde, 2019.
58 p.

Dissertação (em Programa de Pós-Graduação em
Ciências Agrárias - Agronomia) -- Instituto Federal
Goiano, Campus Rio Verde, 2019.

1. Cerrado. 2. distância euclidiana. 3. UPGMA. 4.
correlação fenotípica. I. Silva, Fernando Higino de
Lima e, orient. II. Cabral, Pablo Diego Silva, co-
orient. III. Título.

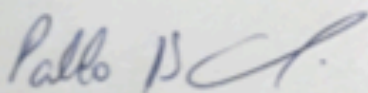
INSTITUTO FEDERAL DE EDUCAÇÃO, CIÊNCIA E TECNOLOGIA
GOIANO – CAMPUS RIO VERDE
DIRETORIA DE PESQUISA E PÓS-GRADUAÇÃO
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM CIÊNCIAS
AGRÁRIAS-AGRONOMIA

DIVERSIDADE GENÉTICA ENTRE MATRIZES DE
Dipteryx alata Vogel NO ESTADO DE GOIÁS

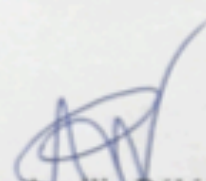
Autora: Francisca Rodrigues da Silva Santos
Orientador: Dr. Fernando Higino de Lima e Silva

TITULAÇÃO: Mestre em Ciências Agrárias-Agronomia - Área de
Concentração em Produção Vegetal Sustentável no Cerrado

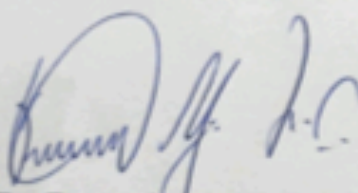
APROVADA em, 26 de agosto de 2019.



Prof. Dr. Pablo Diego Silva Cabral
Avaliador externo
IF Goiano – Campus Rio Verde



Prof. Dr. Aníelio Rúbio Neto
Avaliador interno
IF Goiano – Campus Rio Verde



Prof. Dr. Fernando Higino de Lima e Silva
Presidente da banca
IF Goiano – Campus Rio Verde

DEDICATÓRIA

Aos meus pais: Maria da Silva (*in
memoriam*) e Manoel Rodrigues da Silva,
ao meu estimado marido Wyratan Santos,
às minhas filhas do coração Viviane e
Vanessa, a todos os meus irmãos e irmãs,
cunhados (as), sobrinhas (os).
dedico!

Não é sobre chegar no topo do mundo e saber que venceu!
É sobre escalar e sentir que o caminho te fortaleceu!
...E então, fazer valer a pena cada verso daquele poema sobre acreditar!
(Ana Vilela)

AGRADECIMENTO

A Deus, por permitir mais uma realização profissional. ELE esteve sempre presente em minhas orações e nos momentos mais difíceis dessa caminhada me fazendo acreditar que este objetivo seria alcançado.

Agradeço a minha mãe Maria da Silva (*in memoriam*), por acreditar que o caminho seria a educação, incentivando nos momentos certos, pelo suporte e paciência nos dias de cansaço e por entender a minha ausência no convívio familiar. Agradeço ao meu pai pelo incentivo e pela famosa frase: “força minha filha, não desanime!” quando ele percebia que não estava fácil e meu cansaço era nítido. Agradeço aos meus irmãos Cícero Rodrigues da Silva, José Rodrigues da Silva, Elson Rodrigues da Silva, Edivan Rodrigues da Silva (*in memoriam*) e Edvaldo Rodrigues da Silva (*in memoriam*), pela amizade e cumplicidade. Agradeço também às minhas irmãs Edileuza, Vanuza, Margarete, Maria Gorete, Elcione e Elcilene, pelos bons momentos, cumplicidade, e por tudo que representam em minha vida.

Agradeço ao meu orientador Fernando Higino de Lima e Silva, por acreditar em meu potencial e pela paciência nos momentos mais inesperados ao longo destes quase dois anos de convivência.

Agradeço à minha querida amiga Jeisa Farias, a quem tenho grande estima e consideração.

Agradeço aos alunos de iniciação científica (Helen Cristine, Pedro Dias) e doutorandos (Láisse Daniele, Valdere Martins) sob a orientação do professor Dr. Fernando, pela colaboração e pela troca de experiências vividas. Agradeço de forma muito especial à Adriana Rodrigues Machado, por não ser simplesmente uma integrante do grupo, mas alguém que fez a diferença. Através das atividades desenvolvidas e, sobretudo, pela simplicidade que ela tem em lidar com próximo. Adri, te agradeço por

teres te tornado uma amiga tão próxima, és um exemplo de amizade que levarei para o resto da vida.

Agradeço a toda equipe do Laboratório de Fermentação do IF Goiano e ao Laboratório de Nutrição Animal, em nome do servidor Carlos, que contribuiu grandemente na proposta deste trabalho. Ao Laboratório de Cultura de Tecidos Vegetais, por disponibilizar o espaço físico para a realização das análises, em nome do professor Fabiano Guimarães Silva, coordenador do laboratório, meus agradecimentos e reconhecimento em sua busca por inovações em pesquisa.

Agradeço a todos os profissionais do IF Goiano, aos professores e demais servidores, que tornam possível a expansão do conhecimento técnico e científico.

Agradeço aos servidores Sebastião Nunes da Rosa Filho, Paulo Dornelles, Darliane de Castro Santos (estendo meus agradecimentos aos seus pais) e Thamires Marques Moura (estendo meus agradecimentos aos seus orientados), pelo enorme auxílio na coleta dos frutos para a realização deste trabalho.

À Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (CAPES), pela concessão da bolsa de mestrado, tão necessária para a continuação da minha formação e manutenção na cidade de Rio verde.

BIOGRAFIA DA AUTORA

FRANCISCA RODRIGUES DA SILVA SANTOS, filha de Manoel Rodrigues da Silva, lavrador, e Maria da Silva, doméstica, nasceu em São João do Araguaia, Pará, aos quatro dias do mês de outubro de 1985. Graduou-se no curso de Bacharelado em Agronomia, no ano de 2015, pelo Instituto Federal de Ciência e Tecnologia do Tocantins, Campus Araguatins. Foi bolsista de iniciação científica CAPES no período de agosto de 2012 a julho de 2015.

Em setembro de 2017, ingressou no Programa de Pós-Graduação *Stricto Sensu* em Ciências Agrárias-Agronomia, atuando em pesquisas com enfoque na conservação genética, caracterização, manejo e uso sustentável de espécies nativas do Cerrado, sob orientação do Professor Dr. Fernando Higino de Lima e Silva. No período de agosto de 2017 a julho de 2019, foi contemplada com bolsa CAPES.

ÍNDICE

	Página
ÍNDICE DE TABELAS	viii
ÍNDICE DE FIGURAS	ix
LISTA DE SÍMBOLOS, SIGLAS E ABREVIATURAS	x
RESUMO	xi
ABSTRACT	xiii
1. INTRODUÇÃO	1
1.1. Revisão de literatura	2
1.1.1. Cerrado	2
1.1.2. O baru (<i>Dipteryx alata</i> Vog.)	3
1.1.3. Diversidade genética	5
1.1.4. Estimativas de correlação	7
1.2. Referências Bibliográficas	9
2. OBJETIVOS	16
2.1. Geral	16
2.2. Específicos	16
3. CAPITULO I - Diversidade genética entre matrizes de baruzeiro no estado de Goiás mediante variáveis físicas, químicas e físico-químicas dos frutos e castanhas	17
3.1. Introdução	18
3.2. Material e métodos	20
3.2.1. Procedências e matrizes	20
3.2.2. Amostragem e armazenamento	21
3.2.3. Análises	22
3.2.3.1. Análises físicas	22
3.2.3.2. Análises químicas e físico-químicas	22
3.2.3.3. Análises genético-estatísticas	23
3.3. Resultados e discussão	25
3.3. Conclusões	37
3.5. Referências	38
5. CONCLUSÃO GERAL	43

ÍNDICE DE TABELAS

	Página
Tabela 1. Coordenadas e locais de coleta das 25 matrizes de baruzeiro no estado de Goiás	21
Tabela 2. Temperatura média anual, pluviosidade média anual e classificação climática segundo Köppen e Geiger dos municípios onde foram amostradas matrizes de baruzeiro	21
Tabela 3. Valores médios para as variáveis físicas obtidas em frutos de baruzeiro avaliados em diferentes matrizes amostradas no estado de Goiás	26
Tabela 4. Valores médios para as variáveis químicas e físico-químicas obtidas em frutos de baruzeiro avaliados em diferentes matrizes amostradas no estado de Goiás	28
Tabela 5. Agrupamento de 25 matrizes de baru, com base em características físicas do fruto e físico-químicas da castanha, pelo método de otimização de Tocher, utilizando a distância generalizada de Mahalanobis como medida de dissimilaridade	29
Tabela 6. Distâncias médias intra e intergrupos estimadas pelo método de Otimização de Tocher com base na dissimilaridade entre os 25 acessos de baru (<i>Dipteryx alata</i>), com base em características físicas do fruto e físico-químicas da castanha	31
Tabela 7. Número de acessos (N) e média das variáveis para os grupos de acessos de baru (<i>Dipteryx alata</i>) obtidos pelo método de Otimização de Tocher	32
Tabela 8. Distância Euclidiana média como medida de dissimilaridade entre os grupos de acessos de baru (<i>Dipteryx alata</i>) formados pelo método de UPGMA	34

ÍNDICE DE FIGURAS

	Página
Figura 1. Dendrograma resultante da análise de 25 acessos de baru (<i>Dipteryx alata</i>) com base em características físicas do fruto e físico-química da castanha, pelo método de agrupamento UPGMA, utilizando a distância Euclidiana média como medida de dissimilaridade	33
Figura 2. Contribuição relativa das características físicas do fruto e da castanha e físico-químicas da castanha, para divergência genética entre 25 acessos de baru (<i>Dipteryx alata</i>) pelo método de Singh (1981)	36
Figura 3. Correlações fenotípicas entre as variáveis físicas de fruto e castanha e variáveis físico-químicas de castanha de 25 acessos de baruzeiro (<i>Dipteryx alata</i>) amostrados em diferentes procedências de Goiás	36

LISTA DE SÍMBOLOS, SIGLAS E ABREVIATURAS

Símbolo	Significado	Unidade
ATT	Acidez total titulável	mL de NaOH 1 mol L ⁻¹
CINZAS	Cinzas	%
DLC	Diâmetro longitudinal da castanha	mm
DLF	Diâmetro longitudinal do fruto	mm
DTC	Diâmetro transversal da castanha	mm
DTF	Diâmetro transversal do fruto	mm
EC	Espessura da castanha	mm
EF	Espessura do fruto	mm
MC	Massa da Castanha	g
MF	Massa do Fruto	g
PT	Proteína	%
SST	Sólidos solúveis totais	°Brix

RESUMO

SANTOS, FRANCISCA RODRIGUES DA SILVA. Instituto Federal Goiano – Campus Rio Verde – GO, julho de 2019. **Diversidade genética entre matrizes de baruzeiro (*Dipteryx alata vog.*) amostradas no estado de Goiás.** Orientador: Prof. Dr. Fernando Higino de Lima e Silva. Coorientadores: Prof. Dr. Pablo Diego Silva Cabral. Prof. Dr. Leandro Carlos

O Cerrado abriga cerca de 33% da diversidade biológica brasileira e é considerado um *hotspot* mundial. Dentre a biodiversidade observada, tem-se as frutíferas nativas, com características sensoriais únicas. Entre elas, destaca-se o baru (*Dipteryx alata* Vog.), que é endêmica do Cerrado. O objetivo do presente trabalho foi estimar a diversidade genética entre matrizes de baruzeiro amostradas no estado de Goiás. Para isto, foram coletados frutos de 25 árvores matrizes das procedências de Bom Jardim de Goiás, Iporá, Urutaí e Ipameri. Foram avaliadas as seguintes variáveis: massa do fruto e da castanha; diâmetro longitudinal e transversal do fruto e da castanha, espessura do fruto e da castanha; e apenas da castanha a composição centesimal proximal (umidade, cinzas, proteínas), pH, sólidos solúveis totais e a acidez total titulável. Avaliou-se a consistência dos agrupamentos de Tocher e UPGMA com base nas distâncias de Mahalanobis e euclidiana média como medida de dissimilaridade, respectivamente. Ainda, foram estimados os coeficientes de correlação fenotípicos entre as variáveis estudadas. O método de Tocher formou sete grupos geneticamente dissimilares enquanto o método UPGMA formou quatro (CCC 0,70). Pelo método de Tocher as maiores divergência genética ocorreram entre o grupo V (acesso 24) e os grupos III (acessos 12 e 22) e VII (acesso 8). Pelo método UPGMA os acessos mais divergentes foram 24 e 1. As variáveis físicas do fruto (massa, diâmetro transversal, diâmetro

longitudinal do fruto e espessura do fruto) foram as que mais contribuíram para a formação de grupos pelo método de agrupamento UPGMA. Com base nos coeficientes correlação fenotípicos estimados, a variável massa da castanha, de maior valor econômico, mas de mensuração um pouco mais complexa, pode ser selecionada por meio do diâmetro transversal do fruto, de mais fácil avaliação.

PALAVRAS-CHAVE: Cerrado, distância euclidiana, UPGMA, correlação fenotípica.

ABSTRACT

SANTOS, FRANCISCA RODRIGUES DA SILVA. Instituto Federal Goiano – Campus Rio Verde – GO, July of 2019. **Genetic diversity among matrices of *Dipteryx alata* Vog. sampled in the Goiás State.** Adviser: Prof. Dr. Fernando Higino de Lima and Silva. Co-adviser: Prof. Dr. Pablo Diego Silva Cabral. Prof. Dr. Leandro Carlos

The Cerrado is home to about 33% of Brazilian biodiversity and is considered a global hotspot. Among the biodiversity observed, there is the native fruits, with unique sensorial characteristics. Among them, it stands out the baru (*Dipteryx alata* Vog.), That is endemic in the Cerrado. The objective of the present work was to estimate the genetic diversity among baru tree matrices sampled in the Goiás State. For that, fruits were collected from 25 matrices trees from Bom Jardim de Goiás, Iporá, Urutaí and Ipameri cities. The following variables were evaluated: fruit and nut mass; longitudinal and transverse diameter of fruit and nuts, fruit and nut thickness; and only in the nuts the proximal centesimal composition (moisture, ashes, proteins), pH, total soluble solids and total titratable acidity. The consistency of the Tocher and UPGMA clusters was evaluated based on the Mahalanobis and mean Euclidean distances as a measure of dissimilarity, respectively. Furthermore, the phenotypic correlation coefficients among the studied variables were estimated. Tocher method formed seven genetically dissimilar groups while the UPGMA method formed four (CCC 0.70). By the Tocher method the greatest genetic divergence occurred between group V (access 24) and groups III (accesses 12 and 22) and VII (access 8). By the UPGMA method, the most divergent accessions were 24 and 7. The physical traits of the fruit (mass, transverse and longitudinal diameter and fruit thickness) were the ones that most contributed to the groups formation by the UPGMA grouping method. Based on the estimated phenotypic correlation coefficients, the nut mass variable, with the highest economic value, but with a slightly more complex measurement, can be selected by means of the cross-sectional diameter of the fruit, which is easier to evaluate.

KEY WORDS: Cerrado, Euclidian distance, UPGMA, phenotypic correlation.

1. INTRODUÇÃO

O Cerrado é o segundo maior bioma em extensão, atrás somente da floresta amazônica (QUEIROZ, 2009; FERREIRA et al, 2018), e caracteriza-se pelo clima quente, semiúmido e com inverno tipicamente seco (FERREIRA et al, 2018). Sua vegetação é constituída de plantas de porte baixo e rasteiras, muitas delas com caules retorcidos e casca grossa, adaptadas a situações adversas, típicas deste bioma, como seca e fogo (CATANOZI, 2010).

A versatilidade no uso das espécies do Cerrado, seja de seus frutos, raízes, cascas, sementes, folhas, gomas e outros derivados é difundida entre a população rural (ALMEIDA, 1998; ALMEIDA et al., 1998; ALMEIDA; COSTA; SILVA, 2008). Quanto aos frutos, algumas espécies nativas apresentam características sensoriais únicas, possuindo papel importante economicamente, socialmente e alimentar (CARDOSO et al., 2011), por serem fonte alimentícia de grande aceitação pela população local e mercado consumidor. Entre essas espécies, destacam-se o baru (*Dipteryx alata*).

O barueiro apresenta ampla gama de aplicações, como alimento humano e animal, substrato para a indústria farmacêutica e madeira de construção (SIQUEIRA; NOGUEIRA; KAGEYAMA, 1993). No entanto, todo o aproveitamento desses frutos tem sido realizado de forma extrativista, já que muito embora conhecidos, não são cultivados em grande escala e necessita de maior atenção por parte da pesquisa (FELFILI et al., 2004). Assim, observa-se elevado potencial de mercado sendo uma das espécies chaves entre as frutíferas do Cerrado que devem ser priorizadas para estudos de domesticação e cultivo (JUNQUEIRA et al., 2008).

Em geral, espécies arbóreas apresentam maior variação genética dentro de populações (SILVA et al., 2015). 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). Sendo a maior parte da diversidade genética observada dentro das populações (CANUTO et al., 2008).

Estudos com enfoque na estimativa de diversidade genética do barueiro permitem verificar e estimar a variabilidade de frutos e castanhas. Isto posto, o presente estudo é de fundamental importância, principalmente pelo fato do estado de Goiás está totalmente inserido no bioma Cerrado.

Para diminuir o risco de extinção do baru no domínio Cerrado e para aumentar o desenvolvimento socioeconômico, nessa região, é fundamental a realização de pesquisas tecnológicas para melhorar os padrões de produtividades desses frutos e assim reduzir a pressão humana sobre as populações naturais do baruzeiro (MARTINS; FERRAZ; SCHMIDT, 2017).

1.1. Revisão de literatura

1.1.1. Cerrado

O Cerrado brasileiro ocupa aproximadamente um quarto de todo território nacional, representando 204 milhões de hectares (SILVA. et al., 2001; MMA, 2011). Localiza-se na parte central do país, com área contínua, abrangendo completamente os Estados de Goiás, Tocantins e o Distrito Federal, parcialmente os Estados da Bahia, Ceará, Maranhão, Mato Grosso, Mato Grosso do Sul, Minas Gerais, Piauí, Rondônia e São Paulo, e em áreas isoladas ocorre 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 bioma Cerrado caracteriza-se por uma elevada biodiversidade, superada apenas para o bioma Amazônico (QUEIROZ, 2009). Sua rica fauna e flora pode ser justificada por meio de sua vasta extensão e, também, por localizar-se em três das maiores bacias hidrográficas da América do Sul, (Tocantins-Araguaia, São Francisco e Prata) o que, de certa maneira, favorece sua biodiversidade (MMA, 2011).

Sua vegetação é constituída de plantas de porte baixo e rasteiras, muitas delas com caules retorcidos e casca grossa, adaptadas a situações adversas, típicas de regiões de Cerrado, como seca e fogo (CATANOZI, 2010). Os solos do bioma Cerrado são, em

grande maioria, ácidos e pobres em nutrientes, requerendo quase sempre correções, por causa da quantidades elevadas de alumínio (MELO, 1999). Altitude, periodicidade de queimas e declividade do solo são outras características que influenciam na formação fisionômica desse bioma (QUEIROZ, 2009).

Algumas espécies nativas do Cerrado produzem frutos que apresentam características sensoriais únicas, possuindo papel importante economicamente, socialmente e alimentar (CARDOSO et al., 2011), por serem fonte alimentícia de grande aceitação pela população local e mercado consumidor.

Uma diversidade de frutos do Cerrado mostra-se promissora para a exploração econômica, por seus múltiplos usos, tais como: *in natura*, indústrias de alimentos, forragens, madeira, remédios e ornamental. Possuem potencial de ser utilizado em projetos que conciliem a preservação dos recursos naturais com a rentabilidade econômica, permitindo renda extra para as comunidades locais na estação seca. Para o desenvolvimento socioeconômico, a pesquisa tecnológica e as melhorias nos padrões de produtividade desses frutos são fundamentais para reduzir a pressão humana sobre as áreas remanescentes do Cerrado (MARTINS; FERRAZ; SCHMIDT, 2017).

1.1.2. O baru (*Dipteryx alata* Vog.)

O gênero *Dipteryx* é um importante representante da família Fabaceae, sendo sugerido por Schreb. como resultado da junção de dois outros gêneros, o *Taralea* e *Coumarouna*, ambos de Aublet. Contêm 25 espécies, sendo que 15 delas ocorrem no Brasil (TORRES, 2001). A etimologia de *Dipteryx* vem de “duas asas”, que está relacionado ao cálice e *alata* com o pecíolo, e a raque que são alados (CARVALHO, 2003).

A espécie *D. alata* possui vários nomes populares de acordo com o local de ocorrência (CARVALHO, 2003), como cumaru, fava-de-cumaru, pau-cumaru, cumbaru, cumaruna, barujo, feijão-coco, bauí, bugreiro, chuva-de-ouro, guaiçara, emburena-brava, sucupira-branca, imburana-brava, baruzeiro e baru (LORENZI, 1992; CARVALHO, 2003; MARCELINO et al., 2018). A época da floração e frutificação varia de acordo com a região ao qual está inserida (CARVALHO, 2003), sendo que a colheita geralmente 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, cor variando de castanho-escuro ao castanho ou amarelo-esverdeado (MACEDO, 1992).

A espécie *D. alata* possui flores hermafroditas e sua abertura pode durar até 10 horas. O pólen produzido apresenta acima de 90% de viabilidade, porém sua aderência é impedida pela presença de uma película estigmática, dificultando, assim, a autopolinização (ALMEIDA et al., 1998; OLIVEIRA; SIGRIST, 2008). O baru é alógama, no entanto, apresenta um mecanismo de polinização intermediário entre tipos explosivos e valvular (OLIVEIRA; SIGRIST, 2008). Possui autoincompatibilidade de ação tardia com eficácia reprodutiva de 0,45, o que significa elevada taxa de aborto (OLIVEIRA; SIGRIST, 2008).

No entanto, Tarazi et al. (2010), em estudos baseados em análise de paternidade e Sequência Simples Repetida (SSR), relatam que 17% das sementes analisadas da espécie teriam sido originadas por autopolinização. Oliveira; Sigrist (2008) afirmam ainda que *Xilocopa suspecta* visita as flores continuamente (16,6%), sendo considerada o principal polinizador desta espécie. Apesar da alta taxa de visitação de *Apis mellifera* (39,5%), estas não realizam movimento entre as plantas, portanto, não são boas polinizadoras (OLIVEIRA; SIGRIST, 2008). Estes autores recomendam o manejo adequado da abelha exótica *A. mellifera*, pois o aumento da produção de sementes em populações naturais de *D. alata* depende da manutenção dos polinizadores efetivos que são as abelhas solitárias. A dispersão dos frutos e sementes é realizada por animais como morcegos e macacos (SANO; RIBEIRO; BRITO, 2004; COLLEVATTI et al., 2010).

A análise de autocorrelação espacial dentro das populações é importante pois caso haja a presença de estruturação genética espacial poderá aumentar a probabilidade de cruzamento entre indivíduos com elevado parentesco o que não é desejável, pois poderá favorecer a endogamia intrapopulacional e assim diminuir a variabilidade genética (SOARES et al., 2008). Portanto, recomenda-se evitar a coleta de indivíduos aparentados e que tenha autocorrelação, assim, as coletas devem ser realizadas com distância maior que aquela em que ocorre a estruturação genética espacial (DINIZ-FILHO; TELLES, 2002). Segundo Carvalho (2003), o baruzeiro pode alcançar até 20 m de altura e 70 cm de diâmetro a altura do peito. De acordo com Carrazza; Ávila (2010), uma árvore adulta pode produzir cerca de 150 kg de fruto por ano. No entanto, apresenta uma safra descontínua, com variações bruscas de intensidade de produção de

frutos de um ano para o outro, sendo as condições climáticas um dos fatores responsáveis para que isso ocorra (CARRAZZA; ÁVILA, 2010).

A castanha de baru é muito rica em minerais, lipídios e proteínas, sendo bastante utilizada por agricultores familiares e por empresas de cosméticos (TOGASHI; SCARBIERI, 1995; TAKEMOTO et al., 2001), além de consideráveis teores de hidratos de carbonos e fibras (SOUSA et al., 2011). Ainda na castanha, são encontrados ácidos graxos insaturados em grande concentração, que são utilizados nas indústrias de alimentos e farmacêuticas (TOGASHI, 1993; SANO; RIBEIRO; BRITO, 2004). Tanto a polpa quanto a castanha de baru podem ser utilizadas na alimentação humana (ALVES et al., 2010).

O consumo das castanhas de baru pode ser tanto *in natura*, torrada ou processada em paçocas. Ainda, seu uso pode substituir a castanha do caju, amendoim ou nozes nas mais variadas receitas, servindo também de suplementação na alimentação animal, fornecimento de proteína e na recuperação de áreas degradadas (SANO; RIBEIRO; BRITO, 2004). Sua madeira apresenta alta durabilidade e é utilizada para confecção de mourões (SANO; VIVALDI; SPEHAR, 1999). No entanto, a portaria nº 22/2002 da Agência Goiana do Meio Ambiente proíbe o corte do baru no estado do Goiás.

A ampla distribuição geográfica da espécie é um indicativo de altos níveis de variabilidade genética, conferindo, assim, capacidade de ocupar diferentes habitats (KAGEYAMA et al., 2003), sendo, portanto, foco de estudos na conservação, estimação e quantificação da diversidade genética para todas suas características.

1.1.3. Diversidade genética

O uso de distância genética por meio de caracteres fenotípicos e em associação com as análises multivariadas são técnicas auxiliares de grande importância para avaliar o grau de diversidade (CRUZ; FERREIRA; PESSONI, 2011). Ainda, segundo os autores, esta diversidade expressa a similaridade e o distanciamento genético entre populações, provocados por fatores que podem ser genéticos e ambientais. Bertan et al. (2006) reforça a importância de estudo neste sentido para os programas de melhoramento por fornecer informações úteis na caracterização, conservação e utilização dos recursos genéticos disponíveis.

Os estudos da diversidade genética para fins de melhoramento buscam identificar genitores adequados ao cruzamento, a fim de obter híbridos com maior variabilidade genética, tendo em vista maior segregação em recombinações (CRUZ; FERREIRA; PESSONI, 2011).

O uso de medidas de dissimilaridades é de grande importância para análise de caracteres quantitativos em estudos genéticos, sendo as mais utilizadas: a distância euclidiana, a distância euclidiana média e a distância generalizada de Mahalanobis (CRUZ; FERREIRA; PESSONI, 2011). Entre estas, destacam-se a distância generalizada de Mahalanobis (D^2) e a distância Euclidiana, sendo que a D^2 oferece a vantagem em relação a Euclidiana por levar em consideração a existência de correlações entre os caracteres analisados, porém a D^2 necessita de ensaios experimentais com repetições (CRUZ; REGAZZI, 2001).

De posse das estimativas de distância entre cada par de genótipo estudado, os dados são apresentados em uma matriz simétrica, e a partir desta, a visualização e interpretação das distâncias pode ser facilitada pela utilização de um método de agrupamento e/ou dispersão gráfica.

Os métodos de agrupamentos visam desmembrar um grupo original de observações em vários subgrupos, de forma a facilitar o reconhecimento de grupos homogêneos pela observação visual das estimativas de dissimilaridade (BERTAN et al., 2006). Dentre estes métodos, os hierárquicos e os de otimização são os mais amplamente empregados pelos melhoristas de plantas (BERTAN et al., 2006; CRUZ; FERREIRA; PESSONI, 2011).

Nos métodos de agrupamento hierárquicos, os acessos são agrupados por meio de um processo que se repete em vários níveis, sendo estabelecido um dendrograma, sem preocupação com o número ótimo de grupos no dendrograma (CRUZ; SALGADO; BHERING, 2013). Os principais métodos de agrupamentos utilizados em estudos genéticos são: do vizinho mais próximo, 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). Todos esses métodos dispensam recorrer aos dados originais, operando sobre a matriz de distância (SILVA, 2012).

O método do vizinho mais próximo utiliza a menor distância existente entre um par de acessos para formar grupos (MEYER, 2002). O método centroide (UPGMC) consiste em comparar valores de distância cartesiana entre os acessos e quatro acessos-

referência, designados como ideótipos, estabelecidos com base nos dados experimentais com intuito de representarem os acessos de máxima adaptabilidade geral e específica a ambientes favoráveis ou desfavoráveis e também os de mínima adaptabilidade (ROCHA et al., 2005).

O método UPGMA (*Unweighted Pair-Group Method using Arithmetic Averages*) utiliza a média das distâncias entre todos os pares de acessos para formação de cada grupo (CRUZ; REGAZZI; CARNEIRO, 2004; CRUZ; CARNEIRO, 2006). O método da média ponderada (WPGMA), proposto por Sokal e Michener (1958), é utilizado para solucionar problemas de distorções dos resultados da UPGMA, frequente em ecologia, tais como: quando grupos de amostras oriundas de regiões distintas são de tamanhos diferentes, dando pesos iguais aos dois ramos do dendrograma em fusão, o que diminuiria o peso dos grupos maiores (ROMESBURG, 1984).

O método da variância mínima de Ward considera para formação inicial do grupo aqueles indivíduos que proporcionam a menor soma de quadrado dos desvios. Esta soma dentro do grupo é calculada considerando apenas os acessos dentro do grupo informação, e a soma dos quadrados dos desvios total é calculada considerando todos os indivíduos disponíveis para análise de agrupamento (HAIR Jr. et al, 2005; CRUZ; SALGADO; BHERING, 2013).

Nos métodos de otimização, por sua vez, os grupos são estabelecidos aperfeiçoando determinado critério de agrupamento, diferindo dos métodos hierárquicos pelo fato de os grupos formados serem mutuamente exclusivos (CRUZ; REGAZZI, 2001). Um dos métodos de otimização mais usuais na área de melhoramento genético é o proposto por Tocher. Neste método, é adotado o critério de manter a distância média dentro dos grupos sempre inferior a qualquer distância entre os grupos (CRUZ; CARNEIRO, 2006; CRUZ; FERREIRA; PESSONI, 2011).

Essas medidas de dissimilaridade têm sido usadas na interpretação da divergência genética, utilizando caracteres morfológicos, moleculares e agronômicos em plantas perenes (ARAUJO; CARVALHO; ALVES, 2002; MOURA et al., 2005; OLIVEIRA; FERREIRA; SANTOS, 2007, RIBEIRO; SOUZA; LOPES, 2012).

1.1.4. Estimativas de correlação

O coeficiente de correlação linear de Pearson (r), ou fenotípico, pode ser usado para estudos de relações lineares entre as variáveis estudadas. A correlação de Pearson mede o sentido e a intensidade da relação linear entre duas variáveis aleatórias, podendo ser positivo ou negativo, no intervalo de $-1 \leq r \leq 1$, a intensidade da correlação linear será maior quanto mais próximo a $|1|$ for o r (FERREIRA, 2009).

As estimativas de correlações lineares de Pearson são importantes no estudo de plantas nativas devido estas possuírem ciclo longo, pois permite inferir sobre a associação entre características de difícil mensuração e o grau de inferência que uma variável tem sobre outra, permitindo ganhos genéticos na seleção indireta (DEGENHART et al., 2005). Essa correlação é importante principalmente quando se trata de caracteres de herança complexa, podendo ser substituída por uma característica mais simples de ser observada, dando maior rapidez na obtenção de resultados que poderia ser indicado aos programas de melhoramento (CARVALHO; LORENCETTI; BENIN, 2004).

As correlações genéticas podem ocorrer por dois motivos: o primeiro está relacionado a ligação física de genes localizada no mesmo cromossomo que atinge diferentes caracteres e pela pleiotropia (CORREA et al., 2012).

A obtenção de cultivares mais produtivas é o objetivo final em programas de melhoramento, contudo, outras características devem ser levadas em consideração nessa seleção, evidenciando a importância de se conhecer as correlações entre os vários caracteres de interesse, todavia, a existência de correlação pode ajudar ou não no processo de seleção de caracteres em que há correlação (YOKOMIZO; DUARTE; VELLO, 2000). Quando o caractere selecionado possui correlação positiva e de alta intensidade com outros caracteres de interesse, espera-se alta resposta correlacionada ocorrendo uma vantagem na seleção (SANT'ANA et al., 2013)

Santos (2008) utilizou a correlação para estudar a eficiência da seleção precoce em baru e concluiu que existe correlação genética positiva entre o diâmetro a altura do peito e a altura da árvore, possibilitando a seleção indireta, e que as correlações genéticas entre idades foram de alta magnitude, indicando a viabilidade da seleção precoce.

Pagliarini et al. (2016), estudando a variação genética em caracteres de crescimento em progênies de *D. alata*, concluíram que existe correlação genética e fenotípica de média a alta e positiva entre altura, diâmetro a altura do peito e volume de madeira e a seleção indireta é possível. Zaruma (2014) também estudando progênies de *D. alata*, aos nove anos de idade, verificou maior correlação entre diâmetro a altura do peito e altura. Corrêa; Santos; Artiaga (2017) observaram correlação positiva entre peso de frutos e peso de sementes e ausência de associação entre o peso da semente e o número de dias para germinação.

Outros trabalhos de estimativas de correlação foram realizados com outras fruteiras, por exemplo: bacurizeiro (FARIAS NETO; CARVALHO; MULLER, 2004); muruci (GUSMÃO; VIEIRA; FONSECA JÚNIOR, 2006); com mangabeira (NASCIMENTO; CARDOSO; COCOZZA, 2014) e; com ceriguela (GILES et al., 2016).

1.2. 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.

ALMEIDA, S. P.; COSTA, T. S. A.; SILVA, J. A. **Frutas nativas do Cerrado: caracterização físico-química e fonte potencial de nutrientes**. In: SANO, S. M.; ALMEIDA, S. P.; RIBEIRO, J. F. Cerrado: ecologia e flora. Brasília-DF: Embrapa Cerrados, 2008. 1279p.

ALMEIDA, S. P.; PROENÇA, C. E. B.; SANO, S. M.; RIBEIRO, J. F. **Cerrado: espécies vegetais úteis**. Planaltina-DF: Embrapa Cerrados, 1998.

ALVES, A. M.; MENDONÇA, A. L. de.; CALIARI M.; CARDOSO-SANTIAGO, R. A. Avaliação química e física de componentes do baru (*Dipteryx alata* Vog.) para estudo da vida de prateleira. **Pesquisa Agropecuária Tropical**, Goiânia, v. 40, p. 266–273, 2010.

ARAUJO, D.G. de; CARVALHO, S.P.; ALVES, R.M. Divergência genética entre clones de cupuaçuzeiro (*Theobroma grandiorum* Willd ex Spreng Schum). **Ciência e Agrotecnologia**, Lavras, v.26, p.13-21, 2002.

AVIDOS, M. F. D.; FERREIRA, L. T. Frutos dos cerrados: preservação gera muitos frutos. **Biociência**, 3(15), 36-41, 2000. Disponível em: <<http://www.biociencia.com.br/bio15/frutos.pdf>>. Acessado em: 25 de setembro de 2018.

BERTAN, I.; CARVALHO, F. I. F.; OLIVEIRA, A. C.; VIEIRA, E. A.; HARTWIG, I.; SILVA, J. A. G.; SHIMIDT, D. A. M.; VALÉRIO, I. P.; BUSATO, C. C.; RIBEIRO, G. Comparação de métodos de agrupamento na representação da distância morfológica entre genótipos de trigo. **R. Bras. Agrociência**, v. 12, p. 279-286, 2006.

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.

CARDOSO, L. de M.; MARTINO, H. S. D.; MOREIRA, A. V. B.; RIBEIRO, S. M. R.; PINHEIRO-SANT'ANA, H. M. Cagaita (*Eugenia dysenterica* DC.) of the Cerrado of Minas Gerais, Brazil: Physical and chemical characterization, carotenoids and vitamins. **Food Research International**, v. 44, p. 2151–2154, 2011.

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.

CARVALHO, F. I. F.; LORENCETTI, C.; BENIN, G. **Estimativas e implicações da correlação no melhoramento vegetal**. Pelotas: Editora e Gráfica Universitária – UFPel, p. 141, 2004.

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

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., 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.

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.

CORREA, A. M.; CECCON, G.; CORREA, C. M. de A.; DELBEN, D. S. Estimativas de parâmetros genéticos e correlações entre caracteres fenológicos e morfo-agronômicos em feijão-caupi. **Revista Ceres**, v. 59, p. 88-94, 2012.

CORRÊA, G. C.; SANTOS, M. M.; ARTIAGA, S. R. A. R. Influência do período de armazenamento de frutos na germinação de sementes de baru (*Dipteryx alata* Vogel). **Agrarian Academy**, v.4, n.7; p. 297-305. 2017.

CRUZ, C. D.; CARNEIRO, P. C. S. **Modelos biométricos aplicados ao melhoramento genético**. 2.ed. Viçosa: UFV, 2006. 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, C. D.; REGAZZI, A. J. **Modelos biométricos aplicados ao melhoramento genético**. UFV, p. 390, 2001.

CRUZ, C. D.; REGAZZI, A. J.; CARNEIRO, P. C. S. **Modelos biométricos aplicados ao melhoramento genético**. 3. ed. Viçosa: UFV, 2004. 480p.

CRUZ, C. D.; SALGADO, C. C.; BHERING, L. L. Biometria aplicada à análise molecular em diversidade genética. In: BORÉM, A.; FRITSCHÉ-NETO, R. **Biotecnologia Aplicada ao melhoramento de plantas**. Visconde do Rio Branco: Suprema, p.69 –117, 2013.

DEGENHARDT, J.; DUCROQUET, J.; GUERRA, M. P.; NODARI, R. O. Variação fenotípica em plantas de duas famílias de meios-irmãos de goiabeira-serrana (*Acca sellowiana* Berg.) em um pomar comercial em São Joaquim, SC. **Revista Brasileira de Fruticultura**, v. 27, p. 462-466, 2005.

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.

DINIZ-FILHO, J. A. F.; TELLES, M. P. C. Spatial autocorrelation analysis and the identification of operational units for conservation in continuous populations. **Conserv Biol.**, v.16, p. 924–935, 2002. doi: 10.1046/j.1523-1739.2002.00295.x

FARIAS NETO, J.T.; CARVALHO, J.U.; MULLER, C.H. Estimativas de correlação e repetibilidade para caracteres do fruto de bacurizeiro. **Ciência e Agrotecnologia**, vol. 28, n. 2, p. 300-305. 2004.

FELFILI, J. M.; RIBEIRO, J. F.; BORGES FILHO, H. C.; VALE, A. T. do. **Potencial econômico da biodiversidade do Cerrado: estágio atual e possibilidades de manejo sustentável dos recursos da flora**. In: AGUIAR, L. M. de S.; CAMARGO, A. J. A de. (Ed). Cerrado: ecologia e caracterização. Planaltina: Embrapa Cerrados, 2004. 249 p.

FERREIRA, C. M.; GABRIEL, G. H.; NEPOMUCENO, L.; CRUZ, V. S.; ARAÚJO. E. G. Caracterização botânica e cadeia produtiva da espécie *Dipteryx alata* Vogel. **Enciclopédia Biosfera**, Centro Científico Conhecer – Goiânia, v. 15, p. 201-217. 2018.

FERREIRA, D.F. **Estatística básica**. 2. ed. Lavras: UFLA, 2009. 664p.

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

GILES, J. A. D.; OLIARI, L. S.; ROCHA, A. C. B.; SCHMILDT, E. R.; SILVA, W.; FRANÇA, J. M. Correlações entre características físicas, químicas e físico-químicas de frutos de cirigueira. **Revista Agro@mbiente On-line**, v. 10, n. 1, p. 30 - 35, 2016

GOIÁS. **AGÊNCIA GOIANA DO MEIO AMBIENTE**. Portaria nº 18 de 7 de novembro de 2002: proíbe o corte de *Dipteryx alata*. 2002.

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

HAIR Jr., J.F.; ANDERSON, R.E; TATHAM, R.L.; BLACK, W.C. **Análise multivariada de dados**. Trad. Adonai S. Sant'Anna e Anselmo C. Neto. 5 ed. Porto Alegre: Bookman, 2005. 593p.

JUNQUEIRA, N. T. V.; FALEIRO, F. G.; BRAGA, M. F; PEIXOTO, J. R. **Domesticação de espécies da flora nativa do Cerrado**. In: PARRON, L. M. et al. (Org.). Cerrado: Desafios e oportunidades para o desenvolvimento sustentável. 1ª ed. Brasília: Embrapa Cerrados, 2008, v. 1, p. 125-163.

KAGEYAMA, P. Y.; CUNHA, G. C.; BARRETO, K. D.; MENDES, F. B. G.; CAMARGO, F. R. A.; SEBBENN, A. M. Diversidade e autocorrelação genética espacial em populações de *Ocotea odorifera* (Lauraceae). **Scientia Forestalis**, Piracicaba, n. 64, p. 108-119, 2003.

LORENZI, H. **Arvores brasileiras: manual de identificação e cultivo de plantas arbóreas nativas do Brasil**. Nova Odessa, 202 p. 1992.

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

MARCELINO, G.; COLETA, I. T.; CANDIDO, C. J.; SANTOS, E. F. Caracterização e análise sensorial de cupcakes elaborados com diferentes concentrações de farinha de casca e polpa de baru (*Dipteryx alata* Vog.) **Multitemas**, Campo Grande, MS, v. 23, p. 265-281, 2018.

MARTINS, B. de A.; FERRAZ, A. C. de O.; SCHMIDT, F. L. Physical characteristics of baru tree fruit aimed at kernel extraction. **Semina: Ciências Agrárias**, v. 38, p. 1865-1873, 2017.

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

MEYER, A. S. **Comparação de coeficientes de similaridade usados em análise de agrupamento com dados de marcadores moleculares dominantes**. 2002. 106 f. Dissertação (Mestrado em Agronomia) - Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz, 2002.

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

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

MOURA, N.F.; CHAVES, L.J.; VENCOSVSKY, R.; ZUCCHI, M.I.; PINHEIRO, J.B.; MORAIS, L.K.; MOURA, M.F. Seleção de marcadores RAPD para o estudo da estrutura genética de populações de *Hancornia speciosa* Gomez. **Bioscience Journal**, Uberlândia, v.21, p.119-125, 2005.

NASCIMENTO, R. S. M.; CARDOSO, J. A.; COCOZZA, F. D. M. Caracterização física e físico-química de frutos de mangabeira (*Hancornia speciosa* Gomes) no oeste

da Bahia. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**. v.18, n.8, p.856–860, 2014.

OLIVEIRA, M. do S. P. de; FERREIRA, D.F.; SANTOS, J. B. dos. Divergência genética entre acessos de açaizeiro fundamentada em descritores morfoagronômicos. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v.42, p.501-506, 2007.

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.

PAGLIARINI, M. K.; KONRAD, E. C. G.; SILVA, F. C.; SILVA, M. S. C.; MOREIRA, J. P.; SATO, A. S.; MACHADO, J. A. R.; FREITAS, M. L. M.; AGUIAR, A. V.; MORAES, M. L. T.; SEBBENN, A. M. Variação genética em caracteres de crescimento em progênies de *Dipteryx alata* Vog. **Sci. For.**, v. 44, n. 112, p. 925-935. 2016.

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.

RIBEIRO, F. S. de C.; SOUZA, V.A.B. de; LOPES, A. C. de A. Diversidade genética em castanheira-do-gurgueia (*Dipterix lacunifera* Ducke) com base em características físicas e químico-nutricionais do fruto. **Revista Brasileira de Fruticultura**, v.34, p.190-199, 2012.

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.

ROCHA, R.B.; MURO-ABAD, J.I.; ARAUJO, E.F.; CRUZ, C.D. Avaliação do método centroide para estudo de adaptabilidade ao ambiente de clones de *Eucalyptus grandis*. **Ciência Florestal**, v.15, p.255-266, 2005.

ROMESBURG, C. H. **Cluster analysis for researchers**. Belmont: Lifetime Learning Publications, 1984. 334 p.

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. <http://dx.doi.org/10.1590/S0100-204X2008000100020>.

SANO, S. M.; RIBEIRO, J. F.; BRITO, M. A. **Baru: biologia e uso**. Planaltina, DF: Embrapa Cerrados, 2004. 52 p.

SANO, S. M.; VIVALDI, L. J.; SPEHAR, C. R. Diversidade morfológica de frutos e castanhas de baru (*Dipteryx alata* Vog.). **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v.34, p.513-518, 1999.

SANT'ANA, V. Z.; FREITAS, M. L. M.; MORAES, M. L. T.; ZANATA, M.; ZANATTO, A. C. S.; MORAES, M. A.; SEBBENN, A. M. Parâmetros genéticos em progênies de polinização aberta de *Enterolobium contortisiliquum* (Vell.) Morong em Luiz Antonio, SP, Brasil. **Hoehnea**, v. 40, n.3, p. 515-520, 2013.

SANTOS, A. M. **Estimativas de parâmetros genéticos e avaliação da eficiência da seleção precoce em baru (*Dipteryx alata* Vog.)**. 2008. Dissertação (Mestrado) – Universidade Federal de Lavras, Lavras – MG.

SILVA, A. R. **Métodos de agrupamento: avaliação e aplicação ao estudo de divergência genética em acessos de alho**. 2012. 67 f. Dissertação (Mestrado em Estatística Aplicada e Biometria) apresentada a Universidade Federal de Viçosa, UFV, Brasil. Viçosa, 2012.

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

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 pequizeiro. **Revista Brasileira de Ciências Agrárias**, v. 10, p. 134-139, 2015.

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

SOARES, T. N.; CHAVES, L. J.; TELLES, M. P. D.; DINIZ-FILHO, J. A. F.; RESENDE, L. V. Spatial distribution of intrapopulational genetic variability in *Dipteryx alata*. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v. 43, p. 1151–1158, 2008.

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.

SOKAL, R. R.; MICHENER, C. D. A statistical method for evaluating systematic relationships. **Bulletin of the Society University of Kansas**, v. 38, p. 109 - 1438, 1958.

SOUSA, A. G. O.; FERNANDES, D. C.; ALVES, A. M.; FREITAS, J. B.; NAVES, M.M.V. Nutritional quality and protein value of exotic almonds and nut from the Brazilian Savanna compared to peanut. **Food Research International**, v. 44, p. 2319-2325, 2011.

TAKEMOTO, E.; OKADA, I. A.; GARBELOTTI, M. L.; TAVARES, M.; AUED-PIMENTEL, S. Composição química da castanha e do óleo de baru (*Dipteryx alata* Vog.) nativo do Município de Pirenópolis, Estado de Goiás. **Rev. Inst. Adolfo Lutz**, v. 60, p. 113-117, 2001.

TARAZI, R.; MORENO, M. A.; GANDARA, F. B.; FERRAZ, E. M.; MORAES, M. L. T.; VINSON, C. C.; CIAMPI, A. Y.; VENCOVSKY, R.; KAGEYAMA, P. Y. High levels of genetic differentiation and selfing in the Brazilian cerrado fruit tree *Dipteryx alata* Vog. (Fabaceae). **Genetics and Molecular Biology**, v. 33, p. 78-85, 2010. <https://dx.doi.org/10.1590/S1415-47572010005000007>.

TOGASHI, M. **Composição e caracterização química e nutricional do fruto do baru (*Dipteryx alata* Vog.)**. 1993. 108 f. Dissertação (Mestrado em ciência da nutrição) - Universidade Estadual de Campinas, Campinas, 1993.

TOGASHI, M.; SGARBIERI, V.C. Avaliação nutricional da proteína e do óleo de sementes de baru (*Dypterix alata* Vog.). **Ciência e Tecnologia de Alimentos**, v.15, p 66-69, 1995.

TORRES, G. A. **Morfologia e aspectos evolutivos dos cromossomos mitóticos de baru (*Dipterix alata* Vog.)**. 2001. 97 f. Tese (Doutorado em Engenharia Florestal)- Universidade Federal de Lavras, Lavras, 2001.

YOKOMIZO, G. K.; DUARTE, J. B.; VELLO, N. A. Correlações fenotípicas entre tamanho de grãos e outros caracteres em topocruzamentos de soja tipo alimento com tipo grão. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v. 35, p. 2235-2241, 2000.

ZARUMA, D. U. G. **Variações genéticas para caracteres silviculturais em progênies e procedências de *Dipteryx alata* Vogel**. 2014. 53 p. Dissertação (Mestrado em Ciência Florestal). Universidade Estadual Paulista “Júlio de Mesquita Filho”, Botucatu, 2014.

2. OBJETIVOS

2.1. Geral

Estimar a diversidade genética entre matrizes de baruzeiro amostradas no estado de Goiás mediante caracterização física, química e físico-química, bem como fornecer informações a respeito das relações existentes entre essas variáveis.

2.2. Específicos

- Verificar o efeito de matrizes de baruzeiro;
- Agrupar os acessos por meio do método hierárquico UPGMA e o método de otimização de Tocher;
- Verificar as características responsáveis pela maior parte da variação total.
- Analisar as correlações fenotípicas entre os caracteres físicos, dos frutos e das castanhas, químicos e físico-químicos das castanhas.

3. CAPITULO I

Diversidade genética entre matrizes de baruzeiro no estado de Goiás mediante variáveis físicas, químicas e físico-químicas dos frutos e castanhas.

(Normas de acordo com a revista GMR)

Resumo

O Cerrado abriga cerca de 33% da diversidade biológica brasileira e é considerado um *hotspot* mundial. Dentre a biodiversidade observada, tem-se as frutíferas nativas, com características sensoriais únicas. Entre elas, destaca-se o baru (*Dipteryx alata* Vog.), que é endêmica do Cerrado. O objetivo do presente trabalho foi estimar a diversidade genética entre matrizes de baruzeiro amostradas no estado de Goiás. Para isto, foram coletados frutos de 25 árvores matrizes das procedências de Bom Jardim de Goiás, Iporá, Urutaí e Ipameri. Foram avaliadas as seguintes variáveis: massa do fruto e da castanha; diâmetro longitudinal e transversal do fruto e da castanha, espessura do fruto e da castanha; e apenas da castanha a composição centesimal proximal (umidade, cinzas, proteínas), pH, sólidos solúveis totais e a acidez total titulável. Avaliou-se a consistência dos agrupamentos de Tocher e UPGMA com base nas distâncias de Mahalanobis e euclidiana média como medida de dissimilaridade, respectivamente. Ainda, foram estimados os coeficientes de correlação fenotípicos entre as variáveis estudadas. O método de Tocher formou sete grupos geneticamente dissimilares enquanto o método UPGMA formou quatro (CCC 0,70). Pelo método de Tocher as maiores divergência genética ocorreram entre o grupo V (acesso 24) e os grupos III (acessos 12 e 22) e VII (acesso 8). Pelo método UPGMA os acessos mais divergentes foram 24 e 1. As variáveis físicas do fruto (massa, diâmetro transversal, diâmetro

longitudinal do fruto e espessura do fruto) foram as que mais contribuíram para a formação de grupos pelo método de agrupamento UPGMA. Com base nos coeficientes correlação fenotípicos estimados, a variável massa da castanha, de maior valor econômico, mas de mensuração um pouco mais complexa, pode ser selecionada por meio do diâmetro transversal do fruto, de mais fácil avaliação.

Palavras chave: Cerrado, distância euclidiana, UPGMA, correlação fenotípica

3.1. Introdução

O bioma Cerrado abriga cerca de 25% do território nacional, representando 204 milhões de hectares (Silva et al., 2001a; MMA, 2011). Esse bioma possui cerca de 33% da diversidade biológica brasileira (Silvério et al., 2013) e é considerado um *hotspot* mundial (Aguilar et al., 2004). Apesar da sua importância para a conservação da biodiversidade, nas últimas décadas tem sofrido pressão antrópicas devido a expansão da monocultura (Klink e Machado, 2005; Sano et al., 2010).

Dentre a biodiversidade observada, tem-se as frutíferas nativas, de aroma e sabor peculiares que apresentam características sensoriais únicas, possuindo um importante papel econômico, social e alimentar (Cardoso et al., 2011), por serem fonte alimentícia de grande aceitação pela população local e mercado consumidor. Entre essas espécies, destacam-se o baru.

O baru (*Dipteryx alata* Vog.) é uma árvore endêmica do Cerrado que produz fruto marrom-escuro que contém uma semente no seu interior e desperta grande interesse local, regional e científico devido a sua composição nutricional (Bento et al., 2014). Tanto a polpa (mesocarpo) quanto a castanha do baru são comestíveis, sendo bastante utilizados no preparo de licores, sorvetes, biscoitos, acompanhamento de aperitivos, barras de cereais, pães, extração de óleo, além da possibilidade de uso em recuperação de áreas degradadas, paisagismo, forrageira e medicinal (Sano et al., 2004).

Tendo em vista a forma extrativista em que os frutos são coletados (Soares et al., 2008), desencadeando o processo de erosão genética, em que os melhores frutos são consumidos, comercializados e não são regenerados, justificam-se estudos que envolvam o manejo e conservação dessa espécie, garantindo, assim, sua sobrevivência (Valois et al., 2001; Soares et al., 2008; Sano et al., 2010). Assim sendo, é oportuno que se realize o pré-melhoramento da espécie que se deseja trabalhar a fim de avaliar e

caracterizar as diferenças nas expressões fenotípicas, uma vez que é por meio dela que se observa a presença e magnitude da diversidade (Nick et al., 2010).

No estudo de diversidade genética das espécies vegetais têm-se o interesse de agrupar acessos similares, de forma que as maiores diferenças ocorram entre os grupos formados (Cruz et al., 2011). Análises de agrupamento, também conhecida como análise de *cluster* ou de conglomerados, são usadas para reunir acessos, por meio de algum critério, que apresentam similaridade no padrão de comportamento em relação a um conjunto de caracteres. É uma técnica estatística multivariada que busca sintetizar ou simplificar a estrutura de variabilidade dos dados, de forma a organizar elementos, sejam através de observações ou variáveis, em grupos, com base nas informações quanto a sua proximidade (Cruz, 2006).

Quando diversos caracteres de diferentes acessos são medidos ao mesmo tempo, com repetições, as distâncias de Mahalanobis (D^2) podem ser usadas como estimativas de diversidade genética entre eles (Elias et al., 2007).

O método de agrupamento por otimização proposto por Tocher, é um método de agrupamento simultâneo, que utiliza D^2 como estimativa de diversidade genética, e realiza a separação dos acessos em grupos de uma só vez, baseando na formação de grupos cujas distâncias dentro dos grupos sejam menores que as distâncias entre grupos (Cruz e Carneiro, 2003).

Uma das alternativas para avaliar a divergência genética entre acessos é a distância euclidiana, estatística multivariada que enfatiza as variações de características agrônômicas, morfológicas e fisiológicas (Elias et al., 2007).

A distância generalizada de Mahalanobis é uma medida da distância alternativa às distâncias euclidianas e leva em consideração as variâncias e covariâncias residuais existentes entre as características mensuradas, quando o experimento se encontra sob delineamento experimental, levando em consideração a correlação entre elas (Cruz e Carneiro, 2003).

Entre os métodos de agrupamentos, o método da ligação média entre grupos (UPGMA) é o que mais tem se destacado em estudos de diversidade genética por considerar médias aritméticas das medidas de dissimilaridade, o que evita a caracterização da dissimilaridade por valores extremos entre os indivíduos em questão (Cruz e Carneiro, 2003). Além da tendência desse método em gerar valores mais altos do coeficiente de correlação cofenética (Sokal e Rohlf, 1962), produzindo menos

distorção no que diz respeito a representação das similaridades entre os indivíduos de um dendrograma (Silva, 2012).

O objetivo do presente trabalho foi estimar a diversidade genética entre populações de baruzeiro amostradas no estado de Goiás mediante variáveis físicas, químicas e físico-químicas, por meio de agrupamento pelo método de otimização de Tocher e pelo método hierárquico UPGMA, bem como fornecer informações a respeito das relações existentes entre essas características.

3.2. Material e métodos

3.2.1. Procedências e matrizes

No período de julho a agosto de 2017 foram amostradas um total 25 matrizes de baruzeiro em diferentes procedências do estado de Goiás, a saber: Bom Jardim de Goiás – região noroeste goiano, Iporá – região centro goiano, Urutaí e Ipameri – região sul goiano. Os locais de origem e localização dos acessos estão indicados na Tabela 1. A localização dos acessos foi georreferenciada com um aparelho GPS. A amostragem de números diferentes de matrizes por procedência atribui-se ao fato que, durante o período de coleta, algumas populações apresentavam menor quantidade de matrizes em frutificação, podendo ser justificada pela produção intermitente (ou bianualidade) da espécie.

Tabela 1. Coordenadas e locais de coleta das 25 matrizes de baruzeiro no estado de Goiás.

Matrizes	Local	Coordenadas	Altitude (m)
1	Bom Jardim de Goiás	16° 15' 993"/052° 02' 186"	362
2	Bom Jardim de Goiás	16° 16' 824"/052° 02' 763"	414
3	Bom Jardim de Goiás	16° 16' 833"/052° 02' 621"	413
4	Bom Jardim de Goiás	16° 16' 925"/052° 03' 277"	404
5	Bom Jardim de Goiás	16° 16' 869"/052° 03' 113'	406
6	Bom Jardim de Goiás	16° 17' 221"/052° 01' 479"	394
7	Bom Jardim de Goiás	16° 17' 413"/052° 01' 138"	388
8	Bom Jardim de Goiás	16° 16' 644"/052° 03' 613"	393
9	Iporá	16° 29' 608"/051° 01' 246"	478
10	Iporá	16° 28' 069"/051° 00' 058"	463
11	Iporá	16° 25' 557"/051° 09' 369"	514
12	Urutaí	17°15'235"/048°37'104"	795
13	Urutaí	17°18'022"/048°30'42"	736
14	Urutaí	17°15'235"/048°37'101"	731
15	Urutaí	17°19'141"/048°21'213"	780
16	Urutaí	17°28'677"/048°11'898"	790
17	Urutaí	17°29'238"/048°12'845"	742
18	Urutaí	17° 29'144"/048° 12'883"	736
19	Ipameri	17°40'931"/048°09'506"	838
20	Ipameri	17°39'646"/048°08'710"	826
21	Ipameri	17°39'603"/048°08'759"	823
22	Ipameri	17°39'539"/048°08'751"	822
23	Ipameri	17°39'347"/048°08'657"	801
24	Ipameri	17°39'150"/048°08'672"	780
25	Ipameri	17°39'075"/048°08'619"	762

As informações climatológicas das procedências de coleta estão apresentadas na Tabela 2.

Tabela 2. Temperatura média anual, pluviosidade média anual e classificação climática segundo Köppen e Geiger dos municípios onde foram amostradas matrizes de baruzeiro.

Município	Temperatura anual média (°C)	Pluviosidade média anual (mm)	Classificação do clima
Bom Jardim de Goiás	25,1	1546	Aw
Ipameri	23,9	1437	Aw
Iporá	24,4	1613	Aw
Urutaí	23,4	1402	Aw

3.2.2. Amostragem e armazenamento

As matrizes amostradas foram selecionadas levando-se em consideração uma distância mínima de 100 m entre si, para evitar a coleta de frutos em árvores com elevado grau de parentesco, a fim de maximizar a variabilidade genética existente.

Foram colhidos cerca de 100 frutos em estágio de maturação completa (frutos caídos no chão) de cada matriz. No entanto, para avaliação, foram utilizados 25 frutos, escolhidos os que se apresentavam visualmente sadios, inteiros e sem deformações.

Logo após a coleta, os frutos foram devidamente acondicionados para evitar danos mecânicos e, em seguida, transportados para o Laboratório de Cultura de Tecidos Vegetais, do Instituto Federal Goiano, Campus Rio Verde, onde ficaram armazenados em um refrigerador a 5°C até a realização das análises biométricas.

3.2.3. Análises

3.2.3.1. Análises físicas

O valor médio foi obtido de 25 repetições de cada matriz, para cada variável. As variáveis físicas avaliadas foram: massa do fruto (MF), em gramas; diâmetro longitudinal do fruto (DLF); diâmetro transversal do fruto (DTF) e espessura do fruto (EF) em milímetros; e da castanha: massa da castanha (MC) em gramas; diâmetro longitudinal da castanha (DLC); diâmetro transversal da castanha (DTC) e espessura da castanha (EC) em milímetros. As variáveis de massa do fruto e da castanha foram obtidas com auxílio de uma balança digital analítica, marca Shimadzu, as medidas de comprimento por meio de um paquímetro inox 150mm digital.

3.2.3.2. Análise químicas e físico-químicas

As castanhas de baru inteiras foram obtidas após a pesagem e mensuração dos frutos. As castanhas foram acondicionadas em embalagens de papel tipo *craft* e armazenados em temperatura a 5°C até o momento das análises.

Para a caracterização química das castanhas foram avaliadas a composição centesimal proximal (umidade, cinzas, proteínas), de acordo com a metodologia da AOAC (2005). Para a caracterização físico-química, as análises foram realizadas conforme as Normas Analíticas do Instituto Adolfo Lutz (2008) foram avaliadas as variáveis pH, teor de sólidos solúveis totais (SST), determinados por refratometria e os resultados expressos em °Brix; e a acidez total titulável (ATT) em ácido cítrico, sendo esta expressa em mL de NaOH 1 mol L⁻¹ gasto. As determinações de massa foram realizadas com o auxílio de balança digital analítica com precisão de ± 0,001g.

3.2.3.3. Análises genético-estatísticas

Para verificação da consistência dos agrupamentos, foram utilizados os métodos de agrupamento de otimização de Tocher, usando a distância generalizada de Mahalanobis e o da UPGMA (*Unweighted Pair-Group Method Using Arithmetic Average*), adotando-se a distância euclidiana média.

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

- Para a **distância generalizada de Mahalanobis** (D^2) foi usada a equação 1:

$$D_{ii'}^2 = \delta' \Psi^{-1} \delta \quad \text{Equação 1}$$

Em que:

$D_{ii'}^2$: distância de Mahalanobis entre os acessos i e i' ;

Ψ : matriz de variâncias e covariâncias residuais;

$\delta' = [d_1 \ d_2 \ \dots \ d_v]$, sendo $d_j = Y_{ij} - \bar{Y}_i'j$;

e

Y_{ij} : média do i -ésimo acesso em relação à j -ésima variável.

Dessa forma, a distância entre o indivíduo k e o grupo formado pelos indivíduos ij foi dada pela equação 2:

$$d_{(ij)k} = d_{ik} + d_{jk} \quad \text{Equação 2}$$

- Método de Tocher

Esse método necessita de uma matriz de dissimilaridade, sobre a qual é identificado o par de indivíduos mais próximos, que formarão o grupo inicial, a partir daí avalia-se a possibilidade de inclusão de novos indivíduos no grupo, levando-se em consideração que a distância média dentro do grupo deve ser menor que a distância média entre os grupos.

Ressaltando que neste método a inclusão de um indivíduo em um grupo sempre aumenta o valor médio da distância dentro do grupo. Assim, a decisão de incluir ou não, o novo indivíduo no grupo, é tomada considerando:

Se $\frac{d_{(grupo)k}}{n} \leq \theta$, inclui-se o novo indivíduo no grupo;

Se $\frac{d_{(grupo)k}}{n} > \theta$, o novo indivíduo não é incluído no grupo;

Sendo n o número de indivíduos que constitui o grupo original e θ o valor máximo da medida de dissimilaridade entre as menores distâncias envolvendo cada acesso (critério de agrupamento).

- A **distância euclidiana média** foi calculada pela equação 3:

$$d_{ii'} = \sqrt{\frac{1}{V} \sum_j (Y_{ij} - Y_{i'j})^2} \quad \text{Equação 3}$$

Em que:

$d_{ii'}$: distância euclidiana média entre o par de acessos i e i' ;

Y_{ij} : a observação no i -ésimo acesso para a j -ésima característica;

e

V : número de características estudadas.

Para a determinação do ponto de corte no dendrograma, foi utilizado o critério global.

- Método de agrupamento UPGMA (*Unweighted Pair-Group Method Using Arithmetic Average*)

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 4:

$$d_{(ij)k} = \text{média} (d_{ik}; d_{jk}) = \frac{d_{ik} + d_{jk}}{2} \quad \text{Equação 4}$$

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 5:

$$d_{(ij)k} = \frac{n_i}{n_i + n_j} d_{ik} + \frac{n_j}{n_i + n_j} d_{jk} \quad \text{Equação 5}$$

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 fórmula, caracterizam-se os indexadores i, j e k como indivíduos ou grupos. Essa interpretação deverá ser a mesma para os métodos subsequentes.

Utilizou-se também, o critério de Singh (1981) para quantificar a contribuição relativa desses caracteres para a divergência genética. Todas as análises foram obtidas com auxílio do *software* R (*R CORE TEAM*, 2014), *package* “*cluster*”.

- Estimativa de coeficientes de correlação fenotípicos

Para estimar os coeficientes de correlação fenotípicos entre todas as variáveis avaliadas, foi utilizado a equação de correlação de Pearson (Equação 6) (Steel et al., 1997).

$$r = \frac{cov(x,y)}{\sqrt{var(y) * var(x)}} \quad \text{Equação 6}$$

Sendo que r deve assumir valores entre -1 e +1.

O valor 0 (zero) significa que não há relação linear, o valor 1 indica uma relação linear perfeita e o valor -1 também indica uma relação linear perfeita, mas inversa, ou seja, quando uma das variáveis aumenta a outra diminui. Quanto mais próximo estiver de 1 ou -1, mais forte é a associação linear entre as duas variáveis.

As análises de estimativas de correlação foram obtidas com auxílio do Programa R (*R CORE TEAM*, 2014), e a figura gerada através do pacote *corrplot* (Wei e Simko, 2017).

3.3. Resultados e discussão

A estatística descritiva das oito variáveis físicas avaliadas apresentou baixos coeficientes de variação fenotípica (CV%), indicando maior precisão nas estimativas (Tabela 3).

Tabela 3. Valores médios para as variáveis físicas obtidas em frutos e castanhas de baruzeiro avaliados em diferentes matrizes amostradas no estado de Goiás.

Matrizes	MF	DLF	DTF	EF	MC	DLC	DTC	EC
1	52,02	66,74	44,04	35,18	0,85	29,21	10,91	8,83
2	32,87	52,76	41,01	30,41	1,16	26,24	11,18	7,06
3	30,90	51,07	39,87	31,48	0,86	21,73	10,24	7,19
4	38,53	61,27	43,67	30,72	1,51	28,56	10,59	8,06
5	43,77	60,77	42,16	32,82	1,30	25,60	10,44	8,61
6	44,53	61,54	48,25	33,73	1,50	28,38	11,15	7,99
7	34,98	55,58	41,97	31,43	1,38	26,39	10,21	9,18
8	47,62	57,80	47,89	35,05	1,38	24,19	11,61	8,60
9	40,47	61,48	46,43	34,53	1,26	27,15	9,94	7,65
10	37,41	61,49	43,65	30,67	1,36	29,90	10,82	7,64
11	38,71	56,22	45,27	33,60	1,47	26,19	11,64	8,58
12	43,02	64,47	43,99	33,39	1,59	26,96	11,67	8,71
13	31,92	55,16	41,88	29,91	0,69	25,10	10,96	9,14
14	37,31	59,73	42,51	32,56	1,34	23,71	11,30	8,76
15	22,12	52,12	36,82	24,90	1,38	26,39	10,93	8,67
16	34,64	55,22	40,85	29,64	1,11	24,76	10,77	7,56
17	30,00	53,72	38,62	30,76	0,44	24,90	10,32	8,38
18	32,76	58,70	39,44	29,95	1,31	26,74	9,88	8,80
19	45,57	63,18	45,22	34,54	1,37	27,99	10,08	8,70
20	24,08	48,62	37,82	27,72	1,13	22,71	11,22	7,83
21	31,69	53,72	39,86	30,65	0,49	24,93	11,02	8,22
22	42,97	59,37	45,46	32,61	1,41	25,43	12,25	8,20
23	36,55	55,47	43,14	32,05	1,27	24,32	11,66	7,92
24	26,97	51,05	35,24	28,96	0,72	21,82	8,56	6,83
25	39,52	55,94	42,57	32,08	1,40	28,24	10,60	8,34
Média	36,84	57,33	42,31	31,57	1,19	25,90	10,80	8,22
CV (%)	12,54	5,95	4,82	4,65	13,37	4,95	6,37	6,30

Massa do fruto (MF) em grama; diâmetro longitudinal do fruto (DLF), diâmetro transversal do fruto (DTF), espessura do fruto (EF) em milímetro; Massa da castanha (MC) em grama, diâmetro longitudinal da castanha (DLC), diâmetro transversal da castanha (DTC), espessura da castanha (EC) em milímetro.

Para a variável massa do fruto (MF), a matriz 1 oriunda de Bom Jardim de Goiás, proporcionou a maior média (52,02g), sendo superior àquelas observadas em diferentes municípios de Goiás (28,30 g) (Corrêa et al., 2008) e na região leste de Mato Grosso (de 27,52 a 34,73 g) (Zuffo et al., 2014). Sano et al. (1999), avaliando frutos de baruzeiro nos estados de Goiás e Minas Gerais, observaram valor médio de 52,08 g, sendo bem próximo ao maior observado para o presente trabalho (52,02 g – matriz 1).

O menor valor médio observado para MF refere-se à matriz 15 (22,12 g). Sano et al. (1999) verificaram variação da média de MF de 12,6 a 52,8 g e de 14,0 a 48,0 g para os anos de 1994 e 1995, respectivamente, demonstrando claramente a influência do ambiente sobre essa variável.

A variável diâmetro longitudinal do fruto (DLF) apresentou o maior valor médio (66,74 mm) para a matriz 1 e a menor média (48,62 mm) para a matriz 20. Esses valores corroboram com as observações de Alves et al. (2010), que observaram valores entre 61,17 e 63,51 mm. Enquanto Sano et al. (1999) observaram valores médios entre 48 e 64 mm. Valores abaixo dos verificados neste trabalho foram relatados por Corrêa et al. (2008) (53,89 mm), e Zuffo et al. (2014) (59,52 mm).

Para diâmetro transversal do fruto (DTF) destaca-se a matriz 6 com a maior média (48,25 mm), enquanto o menor valor médio (35,24 mm) foi observado para a matriz 24. Para a variável espessura do fruto (EF) a matrizes 1 apresentou a maior média (35,18 mm), enquanto a matriz 15 a menor média (24,90 mm). Os valores de DTF e EF encontrados neste trabalho foram superiores aos relatados por Corrêa et al. (2008), com média 39,37 mm para DTF e 28,12 mm para EF.

Zuffo et al. (2014) realizaram estudo de biometria de frutos de baruzeiro no Mato Grosso por dois anos consecutivos e observaram valores médios entre 31,61 e 28,76 mm para EF; e entre 40,80 e 37,61 mm para DTF.

Em relação as características morfométricas das castanhas verificou-se que para massa da castanha (MC) a matriz 12 mostrou a maior média (1,59g), enquanto o menor valor médio foi observado para a matriz 17 (0,44g). No entanto, foi obtida uma concordância com os valores médios observados por Almeida et al. (1990) e Corrêa et al. (2008) que relataram valor médio de 1,5 g. A média de MC observada por Mota (2013) foi de 1,22 g, valor inferior ao obtido por este estudo. Essa variável é a de maior importância econômica e de aceitação no mercado consumidor por causa do tamanho e do elevado teor proteico.

Para a variável diâmetro longitudinal da castanha (DLC) a matriz 10 apresentou a maior média (29,90 mm), enquanto a matriz 3 o menor valor médio (21,73 mm). Para diâmetro transversal da castanha (DTC) a matriz 22 exibiu a maior média (11,25 mm) e a matriz 24 a menor média (8,56 mm). Essas duas matrizes citadas estão localizadas no município de Ipameri, demonstrando que houve maior variação para essa característica entre as matrizes coletadas neste município em comparação com as outras amostradas nas demais localidades. A matriz 7 apresentou a maior média (9,18 mm) para a variável espessura da castanha (EC), enquanto a matriz 24 mostrou a menor média (6,83 mm). Estes resultados de dimensões da castanha foram similares aos valores encontrados por Sano et al. (1999) que situaram entre 23 a 29 mm para DLC, de 9 a 11 mm para DTC e de 8 a 9 mm para EC, valores que são similares aos observados

por Bottezelli et al. (2000) em quatro procedências de baru colhidos em diferentes localidades do estado de Minas Gerais.

A matriz 19 apresentou a maior média (0,68 °Brix) para sólidos solúveis totais (SST), e a matriz 24 a menor média (0,41 °Brix) (Tabela 4). Para a variável potencial hidrogeniônico (pH) observou-se variação de 5,90 (matriz 7) a 7,14 (matriz 4), ambas as matrizes oriundas de Bom Jardim de Goiás. Valores estes que corroboram os valores de pH (6,09) encontrados por Martins (2006), que observou valor de 14,44 para acidez total titulável (ATT). Em contraste, no presente trabalho, os valores de ATT oscilaram entre 9,34 a 15,01. A castanha de baru pode ser considerada um alimento seguro por apresentar valores de pH e ATT mais ácidas, juntamente com baixa atividade de água impedindo o crescimento de microrganismo patogênico (Martins 2006).

Tabela 4. Valores médios para as variáveis químicas e físico-químicas obtidas em castanha de baruzeiro avaliados em diferentes matrizes amostradas no estado de Goiás.

Matrizes	SST	pH	ATT	PT	Cinzas	UMD
1	0,50	6,76	9,34	18,61	2,84	4,78
2	0,61	6,86	8,01	17,74	2,70	5,16
3	0,48	6,74	10,41	20,13	2,55	5,20
4	0,43	7,14	10,67	18,58	3,16	5,60
5	0,42	6,52	10,00	19,11	3,38	5,83
6	0,59	6,64	12,01	20,52	3,05	5,22
7	0,47	5,90	11,01	14,88	2,67	5,10
8	0,42	6,76	11,34	14,53	2,69	5,31
9	0,42	6,85	11,34	16,83	2,46	5,43
10	0,54	6,78	9,67	17,40	2,77	4,88
11	0,54	6,84	9,67	18,27	2,80	4,93
12	0,53	6,67	11,01	18,23	2,12	3,59
13	0,50	6,70	9,67	19,91	2,78	4,69
14	0,56	6,86	10,67	20,07	2,36	4,18
15	0,46	6,60	8,67	18,01	2,40	4,57
16	0,37	6,70	8,01	17,95	2,84	4,80
17	0,48	6,82	13,34	18,69	2,71	4,26
18	0,59	6,52	10,01	18,88	2,41	5,43
19	0,68	6,84	11,34	17,55	3,06	4,58
20	0,47	6,64	12,34	16,64	2,77	5,18
21	0,56	6,77	12,68	17,80	2,65	4,72
22	0,64	6,75	12,68	17,10	2,44	4,85
23	0,63	6,76	9,34	17,87	2,64	4,37
24	0,41	6,22	10,67	18,48	2,60	4,90
25	0,60	6,73	15,01	18,90	3,08	5,09
Média	0,52	6,69	10,76	18,11	2,72	4,91
CV (%)	18,38	1,50	8,18	3,81	2,25	4,32

Sólidos Solúveis Totais (SST) em °Brix; Potencial Hidrogeniônico (pH); Acidez Total Titulável (ATT); proteínas (PT) em %; Cinzas em % e Umidade (UMD) em %.

Os teores médios de proteínas nas castanhas de baru variaram de 14,53 a 20,52%. Estes valores foram inferiores aos relatados por Vera et al. (2009), que obtiveram teores médios de proteínas de 25,16 a 27,69% em castanhas de baru provenientes do estado de Goiás. Vallilo et al. (1990) e Takemoto (2001) observaram valores médios de proteína de 23,45% e 23,90% nos estados de São Paulo e Goiás, respectivamente.

Os teores de resíduo mineral fixo (cinzas) observados variaram de 2,12% a 3,38%. Demais autores observaram os seguintes valores para a variável cinzas em castanhas de baru, a exemplo: 2,70% (Takemoto et al., 2001), 2,81% (Martins, 2006) e 2,83% (Togashi e Scarbieri, 1994).

As matrizes de baruzeiro estudadas apresentaram valor médios de umidade da castanha oscilando entre 3,59 e 5,83%. A castanha de baru é de natureza ortodoxa, pois de acordo com Robert (1989), castanhas que apresentam naturalmente pouca umidade são consideradas ortodoxas, podendo manter seu poder germinativo quando submetidas a baixas temperaturas.

Para umidade, o maior valor médio (5,83%) foi observado para a matriz 5. Resultados similares foram relatados por Vallilo et al. (1990) (5,8%) e Vera et al. (2009) (5,07 %). Essa variação de valores de umidade pode ser decorrente de diversos fatores como variação genética e ambiental (Vera et al., 2009) ou devido ao período entre a coleta e a realização das análises, local e forma de armazenamento.

Estimativa da Diversidade genética

O método de agrupamento de Tocher permitiu a formação de sete grupos distintos (Tabela 5).

Tabela 5. Agrupamento de 25 matrizes de baru, com base em características físicas do fruto e físico-químicas da castanha, pelo método de otimização de Tocher, utilizando a distância generalizada de Mahalanobis como medida de dissimilaridade.

Grupos	Acessos	%
I	17, 21, 13, 3, 16, 23, 2, 11, 14, 10, 18	44,0
II	6, 25, 19, 4, 5, 1, 9	28,0
III	12, 22	8,0
IV	15, 20	8,0
V	24	4,0
VI	7	4,0
VII	8	4,0

O grupo I reuniu o maior número de acessos (44,0%), com representante dos quatro municípios amostrados (Bom jardim, acessos 2 e 3, Iporá, acessos 10 e 11, Urutaí, acessos 13, 14, 16 e 17 e Ipameri com os acessos 21 e 23), demonstrando menor divergência entre eles. A baixa diversidade entre os acessos em trabalhos de agrupamento pode estar relacionada com ação antrópica, dispersão de frutos por animais e polinização cruzada e/ou a sua origem a partir de um ancestral comum (Siqueira et.al, 1993). O grupo II foi formado por sete acessos (28,0%), sobressaindo os acessos oriundos de Bom Jardim de Goiás (acessos 1, 4, 5 e 6), seguido dos acessos do município de Ipameri (19 e 25) e Iporá com um acesso (9).

O grupo III foi composto pelos acessos 12 e 22 (8,0%), advindos dos municípios de Urutaí e Ipameri, respectivamente. Já o grupo IV também foi constituído por dois acessos (acesso 15 e 20) (8,0%), também oriundos dos municípios de Urutaí e Ipameri, demonstrando haver alto grau de divergência genética tanto dentro quanto entre os acessos desses municípios.

Os grupos V, VI e VII reuniram apenas um acesso cada, sendo o grupo V formado pelo acesso 24, oriundo de Ipameri e os dois últimos grupos formados pelos acessos 7 e 8, provenientes de Bom Jardim de Goiás, respectivamente, sugerindo que esses acessos são os mais divergentes entre os avaliados.

O método de Tocher tem a especificidade de agrupar maior número de acessos nos primeiros grupos e geralmente nos últimos grupos agrupar acessos isolados (Cruz e Carneiro, 2003; Vasconcelos et al., 2007). Este atributo do método é interessante pois permite identificar acessos geneticamente dissimilares e não somente grupos (Silva et al., 2016).

Os grupos I, II, III, IV e V apresentaram acessos do município de Ipameri, enquanto, os acessos oriundos de Bom Jardim de Goiás estiveram presentes nos grupos I, II, VI e VII, demonstrando alta dissimilaridade entre os acessos destes municípios. Além disso, os acessos de Bom Jardim de Goiás formaram dois grupos com acessos isolados.

Os acessos de Urutaí compuseram os grupos I, III e IV, enquanto os acessos de Iporá tiveram representantes apenas nos grupos I e II, apesar de ter apenas três representantes neste estudo.

Pelo número de grupos formados, observou-se que apesar do baru estar presente em ambiente antropizado e com a vegetação do Cerrado fragmentada pelas

atividades agropecuárias, sete grupos podem ser considerados um número bem representativo de grupos, no total de 25 acessos estudados, mostrando a diversidade genética existente entre esses acessos.

Resultados semelhantes no padrão de formação de grupos foram observados em outros trabalhos de divergência genética, a exemplo de Canuto et al. (2015), com acessos de baru; Ribeiro et al. (2012) com acessos de castanheira-do-gurgueia; Oliveira et al. (2014) com acessos de cagateira; Santos e Santos Junior (2015) com acessos de cajuzinho do cerrado; Reis et al. (2017) com acessos de guarirobeira e; Santos et al. (2018a) com acessos de gabirobeira.

Canuto et al. (2015), avaliando caracteres altura e diâmetro médio de plantas em 59 matrizes de baruzeiro procedentes do estado de São Paulo, observaram a formação de seis grupos pelo método de Tocher. Pereira et al. (2016), em um ensaio cajuzinho do cerrado instalado no município de Jataí-GO, observaram a formação de quatro grupos avaliando características morfométricas das flores e florescimento. Esses autores argumentam que a diversidade observada é interessante para o melhoramento da espécie por fornecerem parâmetros para identificação de genitores que, quando cruzados, possibilitam o aparecimento de materiais superiores, além de facilitarem o conhecimento da base genética da população avaliada.

A análise intergrupos demonstra que os maiores valores de divergência genética foram observados entre o grupo V e os grupos III e VII (2,31), e as menores dissimilaridades genéticas entre os grupos I e IV (1,30) e III e VII (1,30) (Tabela 6).

Tabela 6. Distâncias médias intra (diagonal principal) e intergrupos (abaixo da diagonal principal) estimadas pelo método de Otimização de Tocher com base na dissimilaridade entre os 25 acessos de baru (*Dipteryx alata*), com base em características físicas do fruto e físico-químicas da castanha.

Grupos	I	II	III	IV	V	VI	VII
I	1,09						
II	1,35	1,14					
III	1,34	1,40	1,05				
IV	1,30	1,82	1,77	1,09			
V	1,64	2,11	2,31	1,47	0,00		
VI	1,56	1,63	1,66	1,52	1,76	0,00	
VII	1,51	1,36	1,30	1,86	2,31	1,42	0,00

Esses resultados indicam que futuros cruzamentos entre o acesso do grupo V com acessos dos grupos III e VII promoveria uma base genética mais ampla. O conhecimento da divergência genética de uma espécie é a base para o melhoramento

vegetal, por possibilitar a identificação de progenitores adequado ao cruzamento que permite o surgimento de materiais superiores, além de obter o conhecimento da base genética da população estudada (Ferrão et al., 2002; Cruz et al., 2011).

O número de acessos por grupo, pelo método de Tocher, e suas respectivas médias para as variáveis avaliadas estão apresentadas na Tabela 7.

Tabela 7. Número de acessos (N) e média das variáveis para os grupos de acessos de baru (*Dipteryx alata*) obtidos pelo método de Otimização de Tocher.

Variáveis	Grupos						
	I	II	III	IV	V	VI	VII
N	11	7	2	2	1	1	1
MC	1,05	1,31	1,50	1,25	0,72	1,38	1,38
DLC	25,32	27,87	26,20	24,55	21,82	26,39	24,19
DTC	10,89	10,53	11,96	11,07	8,56	10,21	11,61
EC	8,11	8,31	8,45	8,25	6,83	9,18	8,60
MF	33,95	43,28	43,00	22,92	26,98	34,98	47,62
DLF	55,68	61,49	61,92	50,25	51,05	55,58	57,80
DTF	41,40	44,61	44,73	37,21	35,24	41,97	47,89
EF	31,02	33,34	33,00	26,24	28,96	31,43	35,05
ATT	10,13	11,39	11,84	10,51	10,67	11,01	11,34
SST	0,53	0,52	0,59	0,46	0,41	0,47	0,42
pH	6,76	6,78	6,71	6,62	6,22	5,90	6,76
PT	18,61	18,59	17,67	17,32	18,48	14,88	14,53
CINZAS	2,66	3,00	2,28	2,59	2,59	2,67	2,69
UMD	4,78	5,16	4,22	4,87	4,90	5,10	5,31

Massa da castanha (MC), em gramas; diâmetro longitudinal da castanha (DLC); diâmetro transversal da castanha (DTC) e espessura da castanha (EC) em milímetros; massa do fruto (MF) em gramas; diâmetro longitudinal do fruto (DLF); diâmetro transversal do fruto (DTF) e espessura do fruto (EF) em milímetros; sólidos solúveis totais (SST), potencial hidrogeniônico (pH), Acidez total titulável (ATT), Proteína (PT), Cinza (CINZAS) e Umidade (UMD).

O grupo V, formado pelo acesso 24, e o grupo IV, formado pelos acessos 15 e 20, apresentaram as menores médias para as variáveis morfométricas avaliadas nas castanhas e nos frutos, respectivamente.

As maiores médias das variáveis morfométricas ficaram distribuídas nos grupos da seguinte forma: grupo III (MC, DTC e DLF), grupo VII (MF, DTF e EF), grupo II (DLC) e grupo VI (EC).

Para as variáveis químicas e físico-químicas os grupos com maiores médias foram: grupo III (ATT e SST), grupo II (pH e CINZAS), grupo I (PT) e grupo VII (UMD). E para as menores médias foram: grupo III (CINZAS e UMD), grupo I (ATT), grupo V (SST), grupo VI (pH) e grupo VII (PT).

O grupo III apresentou a maior média de MC (1,50 g) e no grupo I observou a maior média para PT (18,61 %) que são importantes variáveis por serem de interesse

econômico e nutricionais, indicando produção de castanha e teor de proteínas nas castanhas, respectivamente.

O agrupamento dos acessos de baru pelo método UPGMA formou quatro grupos (Figura 1), com ponto de corte baseado no critério global 78,45%.

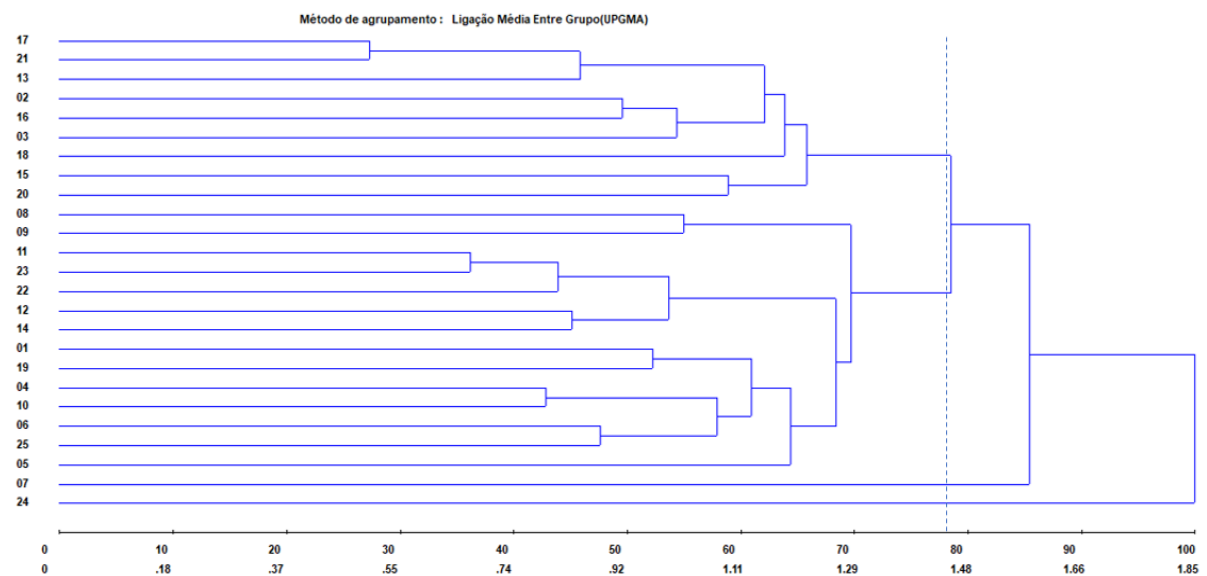


Figura 1. Dendrograma resultante da análise de 25 acessos de baru (*Dipteryx alata*) com base em características físicas do fruto e físico-química da castanha, pelo método de agrupamento UPGMA, utilizando a distância Euclidiana média como medida de dissimilaridade.

O grupo I reuniu nove acessos, sendo dois (2 e 3) de Bom jardim de Goiás, dois de Ipameri (20 e 21) e cinco (13, 15, 16, 17 e 18) de Urutaí. O grupo II foi o que reuniu o maior número de acessos, com 14 do total, sendo cinco (1, 4, 5, 6 e 8) de Bom Jardim de Goiás, três (9, 10 e 11) de Iporá, dois (12 e 14) de Urutaí e quatro (19, 22, 23 e 25) de Ipameri.

Os grupos III e IV reuniram um único acesso isolado, 7 (Bom Jardim de Goiás) e 24 (Ipameri), respectivamente, sendo que estes dois acessos também formaram grupos isolados no método de Tocher. Observou-se também que o acesso 7 apresentou os maiores frutos enquanto o acesso 24 teve as menores castanhas, o que justifica esses acessos formarem grupos isolados nos dois métodos de agrupamentos usados.

Pelo método UPGMA, os acessos mais próximos foram 17 e 21 (0,5057) que são de municípios diferentes, Urutaí e Ipameri, respectivamente. E os mais distantes foram os acessos 1 e 24 (1,8527) que são representantes dos municípios de Bom Jardim de Goiás e Ipameri, nessa ordem (Tabela 8).

Tabela 8. Distância Euclidiana média como medida de dissimilaridade entre os grupos de acessos de baru (*Dipteryx alata*) formados pelo método de UPGMA.

Grupos	II	III	IV
I	1,4535	1,5827	1,8527

Tanto o método de Tocher quanto o método UPGMA não agruparam acessos por local de coleta, demonstrando a divergência genética entre os acessos de mesma procedência. Isso corrobora com os trabalhos de Sano et al. (1999), Silva et al. (2001b) e Ribeiro et al. (2012) em que a maior parte da variabilidade está presente dentro das populações, possibilitando o uso desses acessos em futuros programas de melhoramentos que visem a obtenção de indivíduos transgressivos (Ribeiro et al., 2012).

O desempenho da análise do agrupamento hierárquico UPGMA, com base em descritores morfológicos e características químicas e físico-químicas, foi estimado por meio do coeficiente de correlação cofenética (CCC). Neste estudo a correlação cofenética do dendrograma foi igual a 0,70, e demonstra que o agrupamento dos acessos pelo método de UPGMA foi adequado. De acordo com Rohlf (1970), valores de correlação cofenética abaixo de 0,70 indicam inadequação do método de agrupamento.

Santos et al. (2018b) estudando a diversidade genética de pequi (*Caryocar brasiliense*) utilizando características físicas de frutos obtiveram CCC de 0,86, 0,82 e 0,85 para os anos de 2010, 2011 e 2012, respectivamente. Costa et al. (2016) realizaram estudo de diversidade de *Casearia grandiflora* em duas áreas de cerrado do Piauí, analisando 15 descritores de natureza quantitativa, encontraram CCC de 0,73.

Silva et al. (2016) estudando divergência genética via métodos hierárquicos UPGMA, usando 18 variáveis em 98 acessos, observou CCC de 0,65. Esses autores consideraram que a representação das distâncias genéticas dos acessos no dendrograma foi fidedigna. Silva e Dias (2013), comparando diferentes métodos de agrupamento utilizando a avaliação de 5 características em 89 acessos, verificaram que o coeficiente de correlação cofenética pelo método UPGMA foi de 0,76. Possivelmente, a diferença entre os coeficientes esteja em função do maior número de características fenotípicas avaliadas (Silva et al., 2016). Isso pode justificar o CCC obtido neste trabalho (0,70) no qual se trabalhou com 14 variáveis que está entre cinco e 18 variáveis estudados nos trabalhos citados acima.

Aplicou-se o método Singh (1981) para avaliar a contribuição relativa das 14 variáveis analisadas (Figura 2). Observou-se que as características com maior

contribuição para a variação total e para a formação dos grupos foram MF (52,20%), DLF (20,75%), DTF (10,61%) e a EF (5,70%), sendo responsáveis por aproximadamente 89% da variação total observada. Estes dados são corroborados com aqueles obtidos por Sano et al. (1999) estudando a diversidade morfológica de frutos e sementes de *D. alata* em que identificaram MF, DTF e EF entre os que mais contribuíram para a formação dos grupos. Esses mesmos autores afirmam, ainda, que as dimensões e peso de frutos e sementes são influenciados por fatores ambientais.

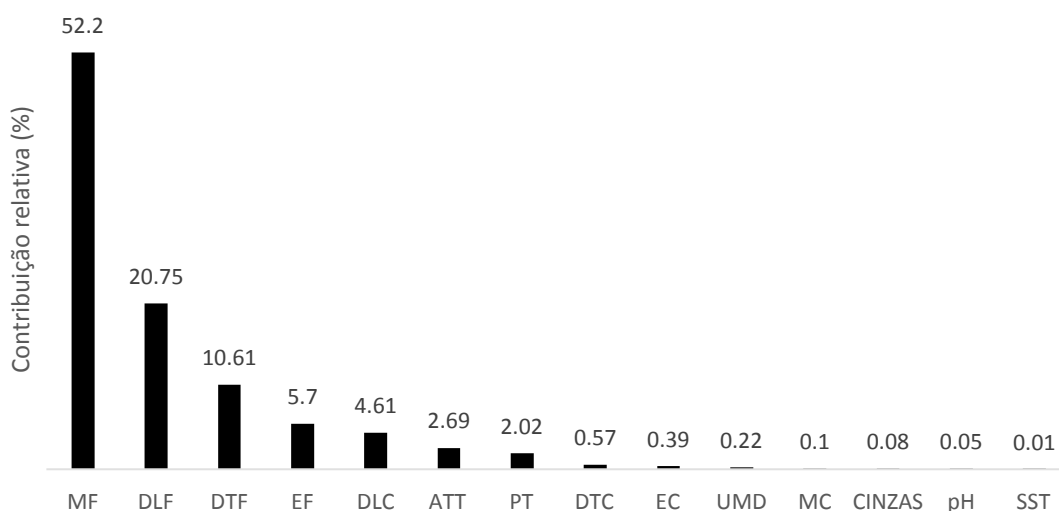


Figura 2. Contribuição relativa das características físicas do fruto e da castanha e físico-químicas da castanha, para divergência genética entre 25 acessos de baru (*Dipteryx alata*) pelo método de Singh (1981).

Massa do fruto (MF) em gramas; diâmetro longitudinal do fruto (DLF); diâmetro transversal do fruto (DTF) e espessura do fruto (EF) em milímetros; massa da castanha (MC), em gramas; diâmetro longitudinal da castanha (DLC); diâmetro transversal da castanha (DTC) e espessura da castanha (EC) em milímetros. sólidos solúveis totais (SST), potencial hidrogeniônico (pH), Acidez total titulável (ATT), Proteína (PT), Umidade (UMD) e Cinza (CINZAS).

O uso do método de Singh possibilita a análise da importância relativa das características estudadas para a formação dos grupos e dessa forma permite identificar aquelas que menos contribuíram para a divergência genética da espécie que podem ser excluídas de estudos futuros sem prejuízos para a discriminação dos acessos. As sete variáveis que menos contribuíram para a divergência genética desse estudo foram DTC (0,57%), EC (0,39%), UMD (0,22%), MC (0,10%), CINZAS (0,08%), pH (0,05%) e SST (0,01%). A exemplo de estudo realizado com guariroba (*Syagrus oleracea* (Mart.) Becc.), utilizando 18 características biométricas em que pôde-se descartar 55% destas, sem perda de informação (Pinto et al., 2010).

Estimativas de correlações fenotípicas

As estimativas de correlação entre as variáveis físicas, químicas e físico-químicas estão apresentadas nas Figura 3.

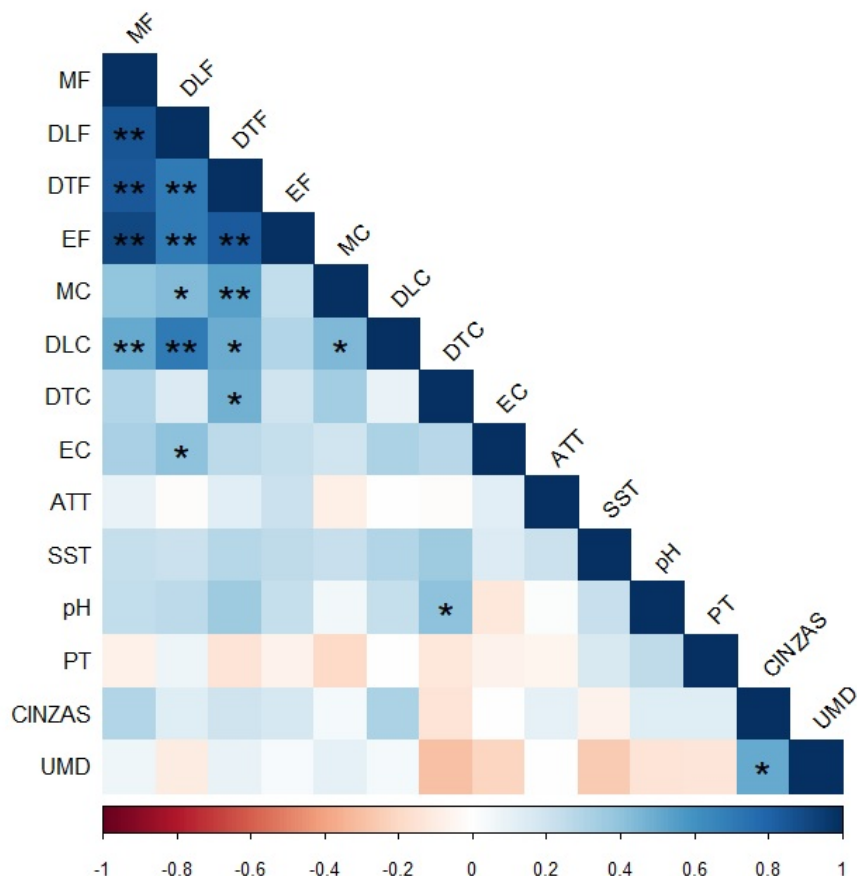


Figura 3. Correlações fenotípicas entre as variáveis físicas de fruto e castanha e variáveis físico-químicas de castanha de 25 acessos de baruzeiro (*Dipteryx alata*) amostrados em diferentes procedências de Goiás.

** e *: Significativo a 1 e 5% de probabilidade pelo teste t de correlação pareada com 25 (permutações), respectivamente. Massa do fruto (MF) em gramas; diâmetro longitudinal do fruto (DLF); diâmetro transversal do fruto (DTF) e espessura do fruto (EF) em milímetros; e da castanha: massa da castanha (MC), em gramas; diâmetro longitudinal da castanha (DLC); diâmetro transversal da castanha (DTC) e espessura da castanha (EC) em milímetros; Acidez Total Titulável (ATT); sólidos solúveis totais (SST); Potencial Hidrogeniônico (pH); proteínas (PT); Cinzas (CINZAS) e Umidade (UMD).

Observaram-se estimativas de correlação positiva e significativa ($p < 0,01$) entre MF x DLF, MF x DTF, MF x EF, MF x DLC, DTF x EF, DTF x MC, DTF x DLF, DLF x EF e DLF x DLC. Estimativas positivas e significativas ($p < 0,05$) foram observadas entre, MC x DLC, DTF x DLC, DLF x EC, DTC x pH e UMD x Cinzas. Não foram observadas estimativas negativas e significativas no presente estudo.

A variável MF apresentou estimativa de correlação significativa com todas as demais variáveis físicas obtidas no fruto e, para a castanha, apenas com DLC. A MF é variável de grande interesse comercial.

Por meio da estimativa dos coeficientes de correlação fenotípicos é possível mensurar a associação genética e não genética entre caracteres distintos (Hallauer et al., 2010). Alta correlação entre os caracteres possibilita a obtenção de ganho na seleção indireta de uma característica em relação a outra, quando outra correlacionada a ela for manipulada por processos seletivos (Giles et al., 2016). Assim, admite-se a possibilidade de fazer seleção em uma característica de fácil mensuração, visando obter ganhos de difícil avaliação ou de baixa herdabilidade em outra característica (Cruz et al., 2012). Neste sentido, tendo em vista que a variável de maior interesse no baruzeiro é a massa da castanha, de grande aceitação e valor de mercado, a seleção para essa característica pode ser baseada em frutos de maior diâmetro transversal.

Em estudo realizado com variáveis físicas em baru coletados no estado de Goiás, verificou-se que houve alta correlação fenotípica positiva entre as variáveis MF x DLF, MF x DTF, MF x EF, DTF x DLF, DLF x EF, DTF x EF e MC x DTF significativa ($p < 0,01$) (Corrêa et al., 2008), corroborando com os resultados obtidos neste trabalho, Além de MC x DLF ($p < 0,01$), que neste estudo teve $p < 0,05$. Esses mesmos autores também encontraram outras correlações fenotípicas positivas entre MC x MF, MC x DTF, MC x EF significativa ($p < 0,01$) que não foram obtidas neste estudo.

Zuffo et al. (2014), amostrando frutos de baruzeiro nas procedências de Nova Xavantina, leste do estado de Mato Grosso, observaram a existência de correlação entre variáveis EF x DLC, EF x DTC, DLC x MF e DLC x DTC significativa ($p < 0,01$).

Entre as características químicas e físico-químicas avaliadas, somente houve correlação positiva e significativa ($p < 0,05$) para UMD x Cinzas e pH x DTC (Figura 3).

3.3. Conclusões

Verificou-se a existência de variabilidade genética entre os acessos estudados.

O método de Tocher formou sete grupos geneticamente dissimilares enquanto o método UPGMA formou quatro.

Pelo método de Tocher as maiores divergências genéticas ocorreram entre o grupo V (acesso 24) e os grupos III (acessos 12 e 22) e VII (acesso 8). Pelo método UPGMA os acessos mais divergentes foram 24 e 1.

As variáveis físicas do fruto (massa, diâmetro transversal, diâmetro longitudinal do fruto e espessura do fruto) foram as que mais contribuíram para a formação de grupos pelo método de agrupamento UPGMA, sendo importantes para futuros estudos de variabilidade genética do baru.

A variável massa da castanha, de valor econômico, mas de mensuração um pouco mais complexa, pode ser selecionada por meio do diâmetro transversal do fruto, de mais fácil avaliação.

3.5. Referências bibliográficas

Aguiar LMS, Machado RB, Marinho-Filho J (2004). Ecologia e caracterização do Cerrado. In: A diversidade biológica do Cerrado (Aguiar LMS, Camargo A, eds.) Embrapa-CPAC, Planaltina, 19-42.

Almeida SP, Silva JA, Ribeiro JF. (1990). Aproveitamento alimentar de espécies nativas dos Cerrados: araticum, baru, cagaita e jatobá. 2ª ed. Planaltina, DF: Embrapa-CPAC, 83p. (Embrapa-CPAC. Documentos, 26).

Alves AM, Mendonça AL, Caliari M, Cardoso-Santiago RA. (2010). Avaliação química e física de componentes do baru (*Dipteryx alata* Vog.) para estudo da vida de prateleira. *Pesquisa Agropecuária Tropical*, 40: 266–273.

AOAC – Association of Official Analytical Chemists (2005). Official Methods of Analysis of the Association of Analytical Chemists International, 18th ed. Gathersburg, MD U.S.A Official methods.

Bento APN, Cominetti C, Simões Filho A, Naves MMV (2014). Baru almond improves lipid profile in mildly hypercholesterolemic subjects: A randomized, controlled, crossover study. *Nutrition, Metabolism & Cardiovascular Diseases* 24: 1330-1336.

Botezelli L, Davide AC, Malavasi MM. (2000). Características dos frutos e castanhas de quatro procedências de *Dipteryx alata* Vogel (Baru). *Cerne*, 6:009-018.

Canuto DSO, Zaruma DUG, Moraes MA, Silva AM, et al. (2015). Caracterização genética de um teste de progênies de *Dipteryx alata* Vog. Proveniente de remanescente florestal da Estação ecológica de Paulo de Farias, SP, Brasil. *Hoehnea* 42: 641-648.

Cardoso LM, Martino HSD, Moreira AVB, Ribeiro SMR, et al. (2011). Cagaita (*Eugenia dysenterica* DC.) of the Cerrado of Minas Gerais, Brazil: Physical and chemical characterization, carotenoids and vitamins. *Food Research International* 44: 2151-2154.

Corrêa GC, Naves RV, Rocha MR, Chaves LJ, et al. (2008). Determinações físicas em frutos e castanhas de baru (*Dipteryx alata* Vog.), cajuzinho (*Anacardium*

othonianum Rizz.) e pequi (*Caryocar brasiliense* Camb.), visando melhoramento genético. *Bioscience Journal* 24: 42-47.

- Costa MF, Lopes ACA, Gomes RLF, Araújo ASF, et al. (2016) 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>.
- Cruz CD (2006). Programa Genes: análise multivariada e simulação. Editora UFV, Viçosa.
- Cruz CD (2016). Genes Software – extended and integrated with the R, Matlab and Selegen. *Acta Scientiarum. Agronomy* 38: 547-552.
- Cruz CD, Carneiro PCS. (2003). Modelos biométricos aplicados ao melhoramento genético. Editora UFV, Viçosa.
- Cruz CD, Ferreira FM, Pessoni LA. (2011). Biometria aplicada ao estudo da diversidade genética. Suprema, Visconde do Rio Branco.
- Cruz CD, Regazzi AJ, Carneiro PCS. (2012). Modelos biométricos aplicados ao melhoramento genético. 4. ed. UFV, Viçosa.
- Elias HT, Vidigal MCG, Gonela A, Vogt GA. (2007). Variabilidade genética em germoplasma tradicional de feijão-preto em Santa Catarina. *Pesq. agropec. bras.* 42: 1443-1449.
- Ferrão MAG, Vieira C, Cruz CD, Cardoso AA. (2002). Divergência genética em feijoeiro em condições de inverno tropical. *Pesquisa Agropecuária Brasileira* 7: 1089-1098.
- Filgueiras TS, Silva E. (1975). Estudo preliminar do baru (Leg. Faboideae). *Brasil Florestal*, 22: 33-39.
- Giles JAD, Oliari LS, Rocha ACB, Schmildt ER, et al. (2016). Correlações entre características físicas, químicas e físico-químicas de frutos de ciriguela. *Revista Agro@ambiente On-line* 10: 30-35.
- Hallauer AR, Carena MJ, Miranda Filho JB (2010). Quantitative genetics in maize breeding. Springer, New York.
- Instituto Adolfo Lutz (São Paulo - Brasil) (2008). Métodos físico-químicos para análise de alimentos: normas analíticas do Instituto Adolfo Lutz. 4ª ed. [1ª ed. digital]. São Paulo (SP): Instituto Adolfo Lutz. Disponível em: http://www.ial.sp.gov.br/index.php?option=com_remository&Itemid=7&func=select&orderby=1&Itemid=7
- Klink CA, Machado RB (2005). Conservation of the Brazilian Cerrado. *Conservation Biology* 19: 707-713.
- Maechler M, Rousseeuw P, Struyf A, Hubert M, et al. (2019). cluster: Cluster Analysis Basics and Extensions. R package version 2.1.0.

- Martins, BA. (2006). Avaliação físico-química de frutos do cerrado in natura e processados para a elaboração de multimisturas. Dissertação de Mestrado, PUC, Goiânia.
- MINISTÉRIO DO MEIO AMBIENTE. (2011). Quarto relatório nacional para a Convenção sobre a Diversidade Biológica: Brasil. In: Situação da Diversidade Biológica Brasileira. Ministério do Meio Ambiente, Brasília.
- Mota EES. (2013) Caracterização fenotípica e variação genética quantitativa em *Dipteryx alata* Vog. (Barueiro) do Cerrado. Dissertação de Mestrado, UFG, Goiania.
- Nick C, Carvalho SP, Jesus AMS, Custódio TN, et al. (2010). Divergência genética entre subamostras de mandioca. *Bragantia* 69: 289-298.
- Oliveira TC, Gonçalves DL, Elias JCF, Castro MS, et al. (2014). Caracterização morfológica de acessos de cagaiteira na região de Cárceres-MT. *Agrarian Academy* 1: 26-36.
- Pereira L, Costa M, Pinto J, Assunção H, et al. (2016). Diversidade genética do florescimento de *Anacardium humile* a. st. hill no sudoeste goiano. *Revista Brasileira de Agropecuária Sustentável* 6: 19-25. doi:<https://doi.org/10.21206/rbas.v6i4.373>
- Pinto JFN, Reis EF, Faleiro FG, Barbosa ECC, et al. (2010). Seleção de descritores vegetativos para caracterização de acessos de guariroba (*Syagrus oleracea* (Mart.) Becc.). *Revista Brasileira de Fruticultura* 32: 832-840.
- R Development Core Team (2015). R: A language and environment for statistical computing. R Foundation for Statistical Computing, Vienna, Austria. ISBN 3-900051-07-0, URL <http://www.R-project.org/>.
- Reis EF, Pinto JFN, Costa Netto AP, Assunção HF, et al. (2017). Diversidade genética entre populações de guarirobeiras no Estado de Goiás. *Rev. Ceres* 64: 631-636.
- Ribeiro FSC, Souza VAB, Lopes ACA (2012). 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.
- Roberts EH. (1989). Seed storage for genetic conservation. *Plants today*, 2: 12-17.
- Rohlf FJ (1970). Adaptative hierarchical clustering schemes. *Systematic zoological* 19: 58-82.
- Sano EE, Rosa R, Brito J.L.S, Ferreira LG (2010). Land cover mapping of the tropical savanna region in Brazil. *Environmental Monitoring and Assessment* 166: 113-124.
- Sano SM, Ribeiro JF, Brito MA (2004). Baru: biologia e uso. Embrapa Cerrados, Planaltina.

- Sano SM, Vivaldi LJ, Spehar CR (1999). Diversidade morfológica de frutos e castanhas de baru (*Dipteryx alata* Vog.). *Pesquisa Agropecuária Brasileira* 34: 513-518.
- Santos EA, Reis EF, Pinto JFN, Silva DFP (2018a). Genetic variability among genotypes of “gabirobeiras” selected for precocity. *Científica* 46: 156-163.
- Santos PHR, Giordani SCO, Soares BC, Silva FHL, et al. (2018b) 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>.
- Santos RC, Santos Junior JE (2015). Divergência genética por análise multivariada de caracteres fenotípicos de *Anacardium humile* (St. Hilaire). *Rev. Ceres* 62: 553-560.
- Silva AR (2012). Métodos de agrupamento: avaliação e aplicação ao estudo de divergência genética em acessos de alho. Dissertação de Mestrado, UFV, Viçosa.
- Silva AR, Dias CTS (2013). A cophenetic correlation coefficient for Tocher’s method. *Pesquisa Agropecuária Brasileira* 48: 589-596.
- Silva DFG, Coelho CJ, Romanek C, Gardingo JR, et al. (2016). Dissimilaridade genética e definição de grupos de recombinação em progênies de meios-irmãos de milho-verde. *Bragantia* 75: 401-410.
- Silva DS, Silva JA, Junqueira NTV, Andrade LRM (2001a). Frutos do cerrado. EMBRAPA Informação Tecnológica, Brasília.
- Silva RSM, Chaves LJ, Naves RV (2001b). Caracterização de frutos e árvores de cagaita (*Eugenia dysenterica* DC.) no sudeste do Estado de Goiás, Brasil. *Rev. Bras. Frutic.* 23: 330-334.
- Silvério MDO, Castro CFS, Miranda AR (2013). Avaliação da atividade antioxidante e inibitória da tirosinase das folhas de *Dipteryx alata* Vogel (Baru). *Revista Brasileira de Plantas Mediciniais* 15: 59-65.
- Singh D (1981). The relative importance of characters affecting genetic divergence. *The Indian Journal of Genetics e Plant Breeding* 41: 237-245.
- Siqueira CMF, Nogueira JCB, Kageyama PY (1993). Conservação dos recursos genéticos *ex situ* do cumbaru *Dipteryx alata* Vog.- Leguminosae. *Revista do Instituto Florestal* 5: 231-243.
- Soares TN, chaves LJ, Telles MPC, Diniz-Filho JAF, et al. (2008). Landscape conservation genetics of *Dipteryx alata* (“baru” tree: Fabaceae) from Cerrado region of central Brazil. *Genetica*, 132: 9-19.
- Sokal RR, Rohlf FJ (1962). The comparison of dendrograms by objective methods. *Taxonomy*, 11: 30-40.
- Steel RGD, Torrie JH, Dickey DA (1997). Principles and procedures of statistics: A biometrical approach. 3rd ed. McGraw Hill Book Co. Inc. New York.

- Takemoto E, Okada IA, Garbelotti ML, Tavares M et al. (2001). Composição química da castanha e do óleo de baru (*Dipteryx alata* Vog.) nativo do Município de Pirenópolis, Estado de Goiás. *Rev. Inst. Adolfo Lutz*, 60: 113-117.
- Togashi M, Scarbieri VC. (1994). Caracterização química parcial do fruto do baru (*Dipteryx alata*, Vog.). *Ciência Tecnologia de Alimento*, 14: 85-95.
- Torres GA (2001). Morfologia e aspectos evolutivos dos cromossomos mitóticos de baru (*Dipteryx alata* Vog.). Tese de Doutorado, UFL, Lavras.
- Vallilo MI, Tavares M, Aued S. (1990). Composição química da polpa e da castanha do fruto de cumbaru (*Dipteryx alata* Vog.). Caracterização do óleo e da castanha. *Revista do Instituto Florestal*, 2: 115-125.
- Valois AC, Nass LL, Goes, M (2001). Recursos genéticos e melhoramento: plantas. In: Conservação “*ex situ*” de recursos genéticos vegetais (Nass LL, Valois ACC, Melo IS, Valadares-Inglis MC). Fundação MT, Rondonópolis, 29-55.
- Vasconcelos ES, Cruz CD, Bhering LL, Resende Júnior MFR (2007). Método alternativo para análise de agrupamento. *Pesquisa Agropecuária Brasileira* 42:1421-1428.
- Vera, R, Soares Junior MS, Naves RV, Souza ERB et al. (2009). Características químicas de amêndoas de barueiros (*Dipteryx alata* Vog.) de ocorrência natural no Cerrado do estado de Goiás, Brasil. *Revista Brasileira de Fruticultura*, 31: 112-118.
- Wei T, Simko V. (2017). R package "corrplot": Visualization of a Correlation Matrix (Version 0.84). Available from <https://github.com/taiyun/corrplot>
- Zuffo AM, Andrade FR, Zuffo Júnior JM. (2014). Caracterização biométrica de frutos e sementes de baru (*Dipteryx alata* Vog.) na região leste de Mato Grosso, Brasil. *Revista de Ciências Agrárias* 37: 463-471.

5. CONCLUSÃO GERAL

Verificou-se a existência de variabilidade genética entre os acessos estudados.

O método de Tocher formou sete grupos geneticamente dissimilares enquanto o método UPGMA formou quatro grupos.

Pelo método de Tocher as maiores divergência genética ocorreram entre o grupo V (acesso 24) e os grupos III (acessos 12 e 22) e VII (acesso 8). Pelo método UPGMA os acessos mais divergentes foram 24 e 1.