

**DISTRIBUIÇÃO ESPACIAL, CARACTERIZAÇÃO  
MORFOLÓGICA E VARIABILIDADE GENÉTICA DE  
*Annona crassiflora* Mart. (ARATICUM)**

**ALEXANDRE CESAR PALERMO**

**DOUTORADO EM CIÊNCIAS FLORESTAIS DEPARTAMENTO DE  
ENGENHARIA FLORESTAL UNIVERSIDADE DE BRASÍLIA**

**FACULDADE DE TECNOLOGIA  
UNIVERSIDADE DE BRASÍLIA**

**UNIVERSIDADE DE BRASÍLIA  
FACULDADE DE TECNOLOGIA  
DEPARTAMENTO DE ENGENHARIA FLORESTAL  
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM CIÊNCIAS FLORESTAIS**

**DISTRIBUIÇÃO ESPACIAL, CARACTERIZAÇÃO  
MORFOLÓGICA E VARIABILIDADE GENÉTICA DE  
*Annona crassiflora* Mart. (ARATICUM)**

**ALEXANDRE CESAR PALERMO**

**ORIENTADOR: PROF. DR. ANDERSON MARCOS DE SOUZA**

**PUBLICAÇÃO: PPGEFL. TD-090/2018**

**BRASÍLIA/DF: ABRIL - 2018**

UNIVERSIDADE DE BRASÍLIA  
FACULDADE DE TECNOLOGIA  
DEPARTAMENTO DE ENGENHARIA FLORESTAL  
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM CIÊNCIAS FLORESTAIS

**“DISTRIBUIÇÃO ESPACIAL, CARACTERIZAÇÃO  
MORFOLÓGICA E VARIABILIDADE GENÉTICA DE *Annona  
crassiflora* Mart. (ARATICUM)”**

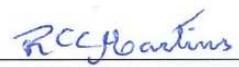
**ALEXANDRE CÉSAR PALERMO**

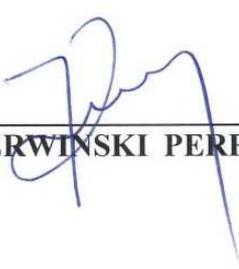
TESE DE DOUTORADO ACADÊMICO SUBMETIDA AO PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM CIÊNCIAS FLORESTAIS, DO DEPARTAMENTO DE ENGENHARIA FLORESTAL, DA FACULDADE DE TECNOLOGIA DA UNIVERSIDADE DE BRASÍLIA, COMO PARTE DOS REQUISITOS NECESSÁRIOS PARA A OBTENÇÃO DO GRAU DE DOUTOR.

APROVADA POR:

  
\_\_\_\_\_  
Prof. Dr. ANDERSON MARCOS DE SOUZA (Departamento de Engenharia Florestal – EFL/UnB);  
(Orientador)

  
\_\_\_\_\_  
Prof.<sup>a</sup> Dr.<sup>a</sup> NARA OLIVEIRA SILVA SOUZA (Faculdade de Agronomia e Medicina Veterinária – FAV/UnB);  
(Examinadora Externa)

  
\_\_\_\_\_  
Prof.<sup>a</sup> Dr.<sup>a</sup> ROSANA DE CARVALHO CRISTO MARTINS (Departamento de Engenharia Florestal – EFL/UnB);  
(Examinadora Interna)

  
\_\_\_\_\_  
Dr. JONNY EVERSON SCHERWINSKI PEREIRA (Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária – Embrapa);  
(Examinador Interno)

\_\_\_\_\_  
Prof. Dr. REGINALDO SÉRGIO PEREIRA (Departamento de Engenharia Florestal – EFL/UnB).  
(Examinador Suplente)

Brasília-DF, 26 de abril de 2018.

## FICHA CATALOGRÁFICA

CAL382d CESAR PALERMO, ALEXANDRE

DISTRIBUIÇÃO ESPACIAL, CARACTERIZAÇÃO MORFOLÓGICA E VARIABILIDADE GENÉTICA DE *Annona crassiflora* Mart. (ARATICUM) / ALEXANDRE CESAR PALERMO; orientador ANDERSON MARCOS DE SOUZA. -- Brasília, 2018.  
161 p.

Tese (Doutorado - Doutorado em Ciências Florestais) - Universidade de Brasília, 2018.

1. *Annona crassiflora*. 2. Distribuição Espacial. 3. Morfometria de frutos e sementes. 4. Variabilidade genética. I. MARCOS DE SOUZA, ANDERSON, orient. II. Título.

## REFERÊNCIA BIBLIOGRÁFICA

Palermo, A.C. (2018) Distribuição espacial, caracterização morfológica e variabilidade genética de *Annona crassiflora* Mart. (ARATICUM). Tese de doutorado em Ciências Florestais. Publicação **PPGEFL.TD-090/2018**. Departamento de Engenharia Florestal, Universidade de Brasília (UnB), Brasília/DF, 161p.

## CESSÃO DE DIREITOS

AUTOR: Alexandre Cesar Palermo.

TÍTULO: Distribuição espacial, caracterização morfológica e variabilidade genética de *Annona crassiflora* Mart. (ARATICUM).

GRAU: Doutor ANO: 2018

É concedida à Universidade de Brasília permissão para reproduzir cópias desta tese de doutorado e para emprestar ou vender tais cópias somente para propósitos acadêmicos e científicos. O autor reserva outros direitos de publicação e nenhuma parte dessa tese de doutorado pode ser reproduzida sem autorização por escrito do autor.

---

Alexandre Cesar Palermo

Endereço eletrônico: alexandre.ecofogo@gmail.com

## AGRADECIMENTOS

Agradeço em primeiro lugar ao meu orientador e amigo Anderson Marcos de Souza, pela orientação, paciência, amizade e principalmente pela oportunidade. Ao passo em que avançamos em nossas vidas pessoais e profissionais por vezes deixamos alguns sonhos para trás (não por desleixo e sim em prol de um bem maior e coletivo), no entanto existem pessoas e oportunidades que nos fazem almejar uma vez mais aquilo que nos é caro e estava esquecido.

À minha esposa Larissa, a qual amo tanto e sem a qual não conseguiria realizar este trabalho. Sem sua força, que muitas vezes me faltou, sua criatividade, que muitas vezes me escapou, sua perseverança, que sempre me foi rara eu não teria conseguido seguir com esse estudo. Muito obrigado por suas valiosas contribuições estatísticas e de redação, por aguentar a barra de ficar com as crianças nas tantas vezes em que fui à campo, às aulas, às reuniões, enfim quando estive ausente. Muito obrigado por acreditar em mim mais do que todos, inclusive eu. Te amo!

À minha família, meu pai Paulo, minha mãe Rosana e meu irmão João Gabriel, por incentivarem meus estudos e estarem sempre disponíveis quando precisei. Incluo aqui todos os meus familiares que, as suas maneiras me desejaram sucesso. Em especial ao meu pai que me acompanha nos trabalhos de campo desde a época do mestrado e agora não foi diferente, e meu irmão que me ajudou a coletar e ser aceito em áreas residências privadas de amigos seus.

Ao senhor Valdir que me indicou o local de coleta no município de Buritis – MG bem como a todos os moradores do local. Ao senhor Roberto pela ajuda com frutos da região de Planaltina – GO.

Aos funcionários da Fazenda Água Limpa, Sebastião e Geraldo que me ajudaram nas coletas, no beneficiamento dos frutos e na manutenção dos canteiros, muito obrigado!

À Cristiane e Allison pelas valiosas contribuições quanto as análises oriundas do Selegen.

Agradeço a Fazenda Água Limpa representada por seus funcionários e professores pela realização de coleta e experimento no âmbito da fazenda. Em especial ao professor Reginaldo pela compreensão quanto aos meus estudos e quanto à licença.

Aos membros da banca pelas valiosas considerações bem como por seu tempo e empenho dedicado a este trabalho.

À Universidade de Brasília e ao Departamento de Engenharia Florestal pela infraestrutura e apoio.

Muito obrigado a todos!

## Resumo Geral

O mosaico vegetacional do Cerrado possui composição florística única para cada área observada. Além disso, com a presente redução da cobertura vegetal do Cerrado, diversas espécies arbóreas têm suas áreas de ocorrência diminuídas e como consequência perdem parte de sua diversidade genética. Nesse aspecto, a espécie *Annona crassiflora* que possui importância econômica e social sofre com a redução de sua área de ocorrência, polinização e dispersão deficientes e consequente perda de diversidade genética. O objetivo deste trabalho foi avaliar diferenças nos padrões espaciais de *Annona crassiflora* em quatro populações do Brasil Central, investigar a diversidade genética populacional de *Annona crassiflora* por meio de dados morfométricos de frutos e sementes e simular uma seleção genética por meio de parâmetros de variância por usando o programa Selegen-REML/BLUP. Os padrões de distribuição foram relacionados com o grau de antropização das áreas mostrando efeitos negativos da degradação nas populações estudadas. O aumento da endogamia gerado pela degradação culmina na redução da diversidade genética da população. De forma geral as maiores dimensões foram encontradas nas populações de Planaltina e Buritis. Diante disso as análises indicam alta diversidade genética e frutos/sementes com dimensões maiores nos locais com melhor estado de conservação. Tanto a análise de variância quanto a análise de deviance empregadas mostraram grande diversidade genética interpopulacional que se refletiu no dendrograma obtido onde as matrizes formaram oito grupos distintos. A simulação de seleção das populações mostrou que as populações FAL, Planaltina e Buritis são as mais proeminentes e que não há um predomínio de uma população na simulação. Assim, a estratégia de seleção a ser utilizada deve levar em consideração esse cenário.

**Palavras chave:** Cerrado, padrão de distribuição, morfometria, parâmetros genéticos

## Abstract

The Cerrado vegetative mosaic has a unique floristic composition for each area observed. In addition, with the present reduction of the vegetation cover of the Cerrado, several tree species have their areas of occurrence diminished and as a consequence they lose part of their genetic diversity. In this aspect, the species *Annona crassiflora* that has economic and social importance suffers with the reduction of its area of occurrence, pollination and dispersion deficient and consequent loss of genetic diversity. The objective of this work was to evaluate differences in the spatial patterns of *Annona crassiflora* in four populations of Central Brazil, to investigate the population genetic diversity of *Annona crassiflora* by means of morphometric data of fruits and seeds and to simulate a genetic selection by means of variance parameters by using the Selegen-REML / BLUP program. The distribution patterns were related to the degree of anthropization of the areas showing negative effects of the degradation in the populations studied. The increase in inbreeding generated by the degradation culminates in the reduction of the genetic diversity of the population. In general, the largest dimensions were found in the populations of Planaltina and Buritis. Therefore, the analyzes indicate high genetic diversity and fruits / seeds with larger dimensions in the best preserved state. Both the analysis of variance and the deviance analysis employed showed great interpopulational genetic diversity that was reflected in the dendrogram obtained where the matrices formed eight distinct groups. The simulation of population selection showed that the FAL, Planaltina and Buritis populations are the most prominent and that there is no predominance of a population in the simulation. Thus, the selection strategy to be used must take into account this scenario.

Key words: Cerrado, distribution pattern, morphometry, genetic parameters

## Sumário

<b>Introdução Geral.....</b>	<b>1</b>
<b>Introdução.....</b>	<b>1</b>
<b>Objetivo geral .....</b>	<b>3</b>
Objetivos específicos.....	3
<b>Revisão de Literatura.....</b>	<b>4</b>
Caracterização da Espécie.....	4
Germinação.....	6
Dispersão das sementes.....	7
Área de ocorrência.....	8
Distribuição Espacial .....	8
Uso da espécie .....	11
Estrutura genética e diversidade .....	13
Diversidade Genética de <i>Annona crassiflora</i> .....	15
Diversidade Genética com Caracteres Quantitativos .....	18
<b>Referências Bibliográficas .....</b>	<b>22</b>
<b>Capítulo 1. DISTRIBUIÇÃO ESPACIAL EM POPULAÇÕES NATURAIS DE <i>Annona crassiflora</i> Mart. (ARATICUM) NO BRASIL CENTRAL .....</b>	<b>29</b>
<b>1.1 Resumo .....</b>	<b>29</b>
<b>1.2 Abstract.....</b>	<b>30</b>
<b>1.3 Introdução.....</b>	<b>31</b>
<b>1.4 Objetivo geral .....</b>	<b>32</b>
1.4.1 Objetivos específicos.....	32
<b>1.5 Material e métodos.....</b>	<b>32</b>
<b>1.6 Resultados .....</b>	<b>38</b>
<b>Tabela 1.1.</b> Data de coleta, localização geográfica (latitude e longitude em graus) e características dendrométricas (Altura – Ht e Diâmetro da altura do peito - DAP) de 95 matrizes de <i>Annona crassiflora</i> em quatro populações nativas no Brasil Central. As populações são: 1: Sobradinho – DF, 2: Fazenda Água Limpa – DF, 3: Planaltina – GO e 4: Buritis – MG. ....	39
<b>Tabela 1.2.</b> Estimativas das características altura (m) e diâmetro à altura do peito (cm) das 95 matrizes de <i>Annona crassiflora</i> em quatro populações nativas no Brasil Central.....	42
<b>Tabela 1.3.</b> Classes de Altura (m) das 95 matrizes de <i>Annona crassiflora</i> em quatro populações nativas no Brasil Central.....	43

<b>Tabela 1.4.</b> Análise de Variância para a variável dependente Altura (m) comparando as quatro populações de <i>A. crassiflora</i> no Brasil Central.....	43
<b>Tabela 1.5.</b> Análise de Variância para a variável dependente Diâmetro da altura do peito (cm) comparando as 4 populações de <i>A. crassiflora</i> em quatro populações nativas do Brasil Central. ....	45
<b>Tabela 1.6.</b> Índice de dispersão quatro populações nativas de <i>Annona crassiflora</i> no Brasil Central.....	46
<b>Tabela 1.7.</b> Teste de Mantel de dependência espacial para quatro populações nativas de <i>Annona crassiflora</i> no Brasil Central.....	47
<b>1.7 Discussão</b> .....	<b>52</b>
<b>1.8 Conclusão</b> .....	<b>54</b>
<b>1.9 Referências Bibliográficas</b> .....	<b>54</b>
<b>Capítulo 2. ANÁLISE MORFOMÉTRICA DE FRUTOS E SEMENTES DE ARATICUM (<i>Annona crassiflora</i> Mart.) NO BRASIL CENTRAL.</b> .....	<b>56</b>
<b>2.1 Resumo</b> .....	<b>56</b>
<b>2.2 Abstract</b> .....	<b>57</b>
<b>2.3 Introdução</b> .....	<b>58</b>
<b>2.4 Objetivo Principal</b> .....	<b>59</b>
2.4.1 Objetivos específicos.....	59
<b>2.5 Material e Métodos</b> .....	<b>60</b>
2.5.1 Amostragem de Matrizes, Coleta e Beneficiamento de Sementes .....	60
2.5.2 Análise de Dados .....	63
<b>2.6 Resultados</b> .....	<b>64</b>
<b>Tabela 2.1.</b> Análise descritiva dos dados morfométricos de frutos de <i>Annona crassiflora</i> obtidos em 4 populações do cerrado no Brasil Central, 2017.....	65
<b>Tabela 2.2.</b> Análise de correlação dos dados morfométricos de frutos de <i>Annona crassiflora</i> obtidos em 4 populações do cerrado no Brasil Central, 2017.....	67
<b>Tabela 2.3.</b> Análise descritiva dos dados morfométricos de sementes de <i>Annona crassiflora</i> obtidos em quatro populações do cerrado no Brasil Central, 2017.....	69
<b>Tabela 2.4.</b> Análise de correlação dos dados morfométricos de sementes de <i>Annona crassiflora</i> obtidos em quatro populações do cerrado no Brasil Central, 2017.....	70
<b>Tabela 2.5.</b> Análise de variância (ANOVA) unidirecional utilizando como fator as 4 populações de <i>Annona crassiflora</i> no cerrado do Brasil Central, 2017.....	72

<b>Tabela 2.6.</b> Teste estatístico de Levene utilizado para testar a homogeneidade de variâncias da ANOVA realizada para dados morfométricos de frutos de 4 populações de <i>Annona crassiflora</i> no cerrado do Brasil Central, 2017.....	73
<b>Tabela 2.7.</b> Teste Post Hoc de Tukey para as variáveis morfométricas dos frutos em relação a 4 populações de <i>Annona crassiflora</i> do cerrado no Brasil Central, 2017. ....	75
<b>Tabela 2.8.</b> Análise de variância (ANOVA) com dois fatores (população e matriz) dos dados morfométricos de sementes de <i>Annona crassiflora</i> do cerrado no Brasil Central, 2017. ....	78
<b>Tabela 2.9.</b> Teste estatístico de Levene utilizado para testar a homogeneidade de variâncias da ANOVA realizada para dados morfométricos de sementes de 4 populações de <i>Annona crassiflora</i> do cerrado no Brasil Central, 2017. ....	79
<b>Tabela 2.10.</b> Teste <i>Post Hoc</i> de Tukey para as variáveis morfométricas de sementes em relação a quatro populações de <i>Annona crassiflora</i> do cerrado no Brasil Central, 2017. ....	80
<b>2.7 Discussão</b> .....	<b>82</b>
<b>2.8 Conclusão</b> .....	<b>85</b>
<b>2.9 Referências Bibliográficas</b> .....	<b>86</b>
<b>Capítulo 3. VARIABILIDADE GENÉTICA EM PROGÊNIES DE POPULAÇÕES DE <i>Annona crassiflora</i> Mart. (ARATICUM).</b> .....	<b>88</b>
<b>3.1 Resumo</b> .....	<b>88</b>
<b>3.2 Abstract</b> .....	<b>89</b>
<b>3.3 Introdução</b> .....	<b>90</b>
<b>3.4 Objetivo geral</b> .....	<b>93</b>
3.4.1 Objetivos específicos.....	93
<b>3.5 Material e Métodos</b> .....	<b>93</b>
3.5.1 Amostragem de Matrizes, Coleta e Beneficiamento de Sementes .....	93
3.5.2 Instalação de Teste de Progênies em Viveiro .....	94
3.5.3 Coleta de dados primários .....	98
3.5.4 Cálculo de dados secundários .....	100
3.5.5 Análise de Variância .....	101
3.5.6 Análise de Deviance .....	102
3.5.7 Estimativa de componentes de variância .....	103
3.5.8 Estimativa de correlações genéticas e fenotípicas .....	104
<b>3.6 Resultados</b> .....	<b>105</b>
<b>Tabela 3.1.</b> Análise descritiva dos dados morfométricos de progênies de <i>Annona crassiflora</i> oriundas de 4 populações de cerrado do Brasil Central, 2017. ....	108

<b>Tabela 3.2.</b> Análise de Variância (modelo fatorial completo) dos dados morfométricos de progênies de <i>Annona crassiflora</i> oriundas de 4 populações de cerrado do Brasil Central, 2017. ....	111
<b>Tabela 3.3.</b> Teste <i>Post Hoc</i> de Tukey dos dados morfométricos de progênies de <i>Annona crassiflora</i> que apresentaram diferença estatisticamente significativa entre as 4 populações de cerrado do Brasil Central, 2017.....	113
<b>Tabela 3.4.</b> Análise de Deviance dos dados morfométricos de progênies de <i>Annona crassiflora</i> oriundas de quatro populações de cerrado do Brasil Central, 2017. ....	119
<b>Tabela 3.5.</b> Correlação genética e fenotípica das principais variáveis de qualidade da muda de 58 progênies de <i>Annona crassiflora</i> em 4 populações do Brasil Central.....	123
<b>Tabela 3.6.</b> Estimativa de parâmetros genéticos para as principais variáveis de qualidade da muda de 58 progênies de <i>Annona crassiflora</i> em quatro populações do Brasil Central.....	124
<b>Tabela 3.7.</b> Simulação de seleção genética entre procedências para 8 variáveis para 58 progênies de <i>Annona crassiflora</i> em quatro populações do Brasil Central.....	126
<b>Tabela 3.8.</b> Simulação de seleção genética dos 10 melhores genitores (matrizes) para a variável A2/D2 com fins de produzir um pomar de sementes de <i>Annona crassiflora</i> do Brasil Central. ....	126
<b>Tabela 3.9.</b> Simulação de seleção genética dos 10 melhores genitores (matrizes) para a variável A2-A1 com fins de produzir um pomar de sementes de <i>Annona crassiflora</i> do Brasil Central.....	127
<b>Tabela 3.10.</b> Simulação de seleção genética dos 10 melhores genitores (matrizes) para a variável D2-D1 com fins de produzir um pomar de sementes de <i>Annona crassiflora</i> do Brasil Central.....	127
<b>Tabela 3.11.</b> Simulação de seleção genética dos 10 melhores genitores (matrizes) para a variável Área foliar com fins de produzir um pomar de sementes de <i>Annona crassiflora</i> do Brasil Central.....	128
<b>Tabela 3.12.</b> Simulação de seleção genética dos 10 melhores genitores (matrizes) para a variável Número de raízes com fins de produzir um pomar de sementes de <i>Annona crassiflora</i> do Brasil Central.....	128
<b>Tabela 3.13.</b> Simulação de seleção genética dos 10 melhores genitores (matrizes) para a variável MSA/MSR com fins de produzir um pomar de sementes de <i>Annona crassiflora</i> do Brasil Central.....	129
<b>Tabela 3.14.</b> Simulação de seleção genética dos 10 melhores genitores (matrizes) para a variável MST com fins de produzir um pomar de sementes de <i>Annona crassiflora</i> do Brasil Central.....	129

<b>Tabela 3.15.</b> Simulação de seleção genética dos 10 melhores genitores (matrizes) para a variável Germinação com fins de produzir um pomar de sementes de <i>Annona Crassiflora</i> do Brasil Central. ....	130
<b>Tabela 3.16.</b> Estimativas dos índices de soma de postos para as quatro populações de <i>Annona crassiflora</i> com base em nove características com diferença significativa de procedência. ....	131
<b>3.7 Discussão</b> .....	<b>131</b>
<b>3.8 Conclusão</b> .....	<b>137</b>
<b>3.9 Referências Bibliográficas</b> .....	<b>138</b>
<b>4. Conclusão Geral</b> .....	<b>142</b>

## Lista de Tabelas

<b>Tabela 1.1.</b> Data de coleta, localização geográfica (latitude e longitude em graus) e características dendrométricas (Altura – Ht e Diâmetro da altura do peito - DAP) de 95 matrizes de <i>Annona crassiflora</i> em quatro populações nativas no Brasil Central. As populações são: 1: Sobradinho – DF, 2: Fazenda Água Limpa – DF, 3: Planaltina – GO e 4: Buritis – MG. ....	39
<b>Tabela 1.2.</b> Estimativas das características altura (m) e diâmetro à altura do peito (cm) das 95 matrizes de <i>Annona crassiflora</i> em quatro populações nativas no Brasil Central. ....	42
<b>Tabela 1.3.</b> Classes de Altura (m) das 95 matrizes de <i>Annona crassiflora</i> em quatro populações nativas no Brasil Central. ....	43
<b>Tabela 1.4.</b> Análise de Variância para a variável dependente Altura (m) comparando as 4 populações de <i>A. crassiflora</i> em quatro populações nativas do Brasil Central. ....	43
<b>Tabela 1.5.</b> Análise de Variância para a variável dependente Diâmetro da altura do peito (cm) comparando as 4 populações de <i>A. crassiflora</i> em quatro populações nativas do Brasil Central. ....	45
<b>Tabela 1.6.</b> Índice de dispersão quatro populações nativas de <i>Annona crassiflora</i> no Brasil Central. ....	46
<b>Tabela 1.7.</b> Teste de Mantel de dependência espacial para quatro populações nativas de <i>Annona crassiflora</i> no Brasil Central. ....	47
<b>Tabela 2.1.</b> Análise descritiva dos dados morfométricos de frutos de <i>Annona crassiflora</i> obtidos em 4 populações do cerrado no Brasil Central, 2017. ....	65
<b>Tabela 2.2.</b> Análise de correlação dos dados morfométricos de frutos de <i>Annona crassiflora</i> obtidos em 4 populações do cerrado no Brasil Central, 2017. ....	67
<b>Tabela 2.3.</b> Análise descritiva dos dados morfométricos de sementes de <i>Annona crassiflora</i> obtidos em 4 populações do cerrado no Brasil Central, 2017. ....	69
<b>Tabela 2.4.</b> Análise de correlação dos dados morfométricos de sementes de <i>Annona crassiflora</i> obtidos em 4 populações do cerrado no Brasil Central, 2017. ....	70
<b>Tabela 2.5.</b> Análise de variância (ANOVA) unidirecional utilizando como fator as 4 populações de <i>Annona crassiflora</i> no cerrado do Brasil Central, 2017. ....	72
<b>Tabela 2.6.</b> Teste estatístico de Levene utilizado para testar a homogeneidade de variâncias da ANOVA realizada para dados morfométricos de frutos de 4 populações de <i>Annona crassiflora</i> no cerrado do Brasil Central, 2017. ....	73
<b>Tabela 2.7.</b> Teste Post Hoc de Tukey para as variáveis morfométricas dos frutos em relação a 4 populações de <i>Annona crassiflora</i> do cerrado no Brasil Central, 2017. ....	75

<b>Tabela 2.8.</b> Análise de variância (ANOVA) com dois fatores (população e matriz) dos dados morfométricos de sementes de <i>Annona crassiflora</i> do cerrado no Brasil Central, 2017.....	78
<b>Tabela 2.9.</b> Teste estatístico de Levene utilizado para testar a homogeneidade de variâncias da ANOVA realizada para dados morfométricos de sementes de 4 populações de <i>Annona crassiflora</i> do cerrado no Brasil Central, 2017.....	79
<b>Tabela 2.10.</b> Teste Post Hoc de Tukey para as variáveis morfométricas de sementes em relação a 4 populações de <i>Annona crassiflora</i> do cerrado no Brasil Central, 2017. ....	80
<b>Tabela 3.1.</b> Análise descritiva dos dados morfométricos de progênies de <i>Annona crassiflora</i> oriundas de 4 populações de cerrado do Brasil Central, 2017.....	108
<b>Tabela 3.2.</b> Análise de Variância (modelo fatorial completo) dos dados morfométricos de progênies de <i>Annona crassiflora</i> oriundas de 4 populações de cerrado do Brasil Central, 2017.....	111
<b>Tabela 3.3.</b> Teste Post Hoc de Tukey dos dados morfométricos de progênies de <i>Annona crassiflora</i> que apresentaram diferença estatisticamente significativa entre as 4 populações de cerrado do Brasil Central, 2017. ....	113
<b>Tabela 3.4.</b> Análise de Deviance dos dados morfométricos de progênies de <i>Annona crassiflora</i> oriundas de 4 populações de cerrado do Brasil Central, 2017.....	119
<b>Tabela 3.5.</b> Correlação genética das principais variáveis de qualidade da muda de 58 progênies de <i>Annona crassiflora</i> em 4 populações do Brasil Central. ....	123
<b>Tabela 3.6.</b> Estimativa de parâmetros genéticos para as principais variáveis de qualidade da muda de 58 progênies de <i>Annona crassiflora</i> em 4 populações do Brasil Central.....	124
<b>Tabela 3.7.</b> Simulação de seleção genética entre procedências para 8 variáveis para 58 progênies de <i>Annona crassiflora</i> em 4 populações do Brasil Central.....	126
<b>Tabela 3.8.</b> Simulação de seleção genética dos 10 melhores genitores (matrizes) para a variável A2/D2 com fins de produzir um pomar de sementes de <i>Annona crassiflora</i> do Brasil Central. ....	126
<b>Tabela 3.9.</b> Simulação de seleção genética dos 10 melhores genitores (matrizes) para a variável A2-A1 com fins de produzir um pomar de sementes de <i>Annona crassiflora</i> do Brasil Central. ....	127
<b>Tabela 3.10.</b> Simulação de seleção genética dos 10 melhores genitores (matrizes) para a variável D2-D1 com fins de produzir um pomar de sementes de <i>Annona crassiflora</i> do Brasil Central.....	127

<b>Tabela 3.11.</b> Simulação de seleção genética dos 10 melhores genitores (matrizes) para a variável Área foliar com fins de produzir um pomar de sementes de <i>Annona crassiflora</i> do Brasil Central.....	128
<b>Tabela 3.12.</b> Simulação de seleção genética dos 10 melhores genitores (matrizes) para a variável Número de raízes com fins de produzir um pomar de sementes de <i>Annona crassiflora</i> do Brasil Central.....	128
<b>Tabela 3.13.</b> Simulação de seleção genética dos 10 melhores genitores (matrizes) para a variável MSA/MSR com fins de produzir um pomar de sementes de <i>Annona crassiflora</i> do Brasil Central.....	129
<b>Tabela 3.14.</b> Simulação de seleção genética dos 10 melhores genitores (matrizes) para a variável MST com fins de produzir um pomar de sementes de <i>Annona crassiflora</i> do Brasil Central.....	129
<b>Tabela 3.15.</b> Simulação de seleção genética dos 10 melhores genitores (matrizes) para a variável Germinação com fins de produzir um pomar de sementes de <i>Annona Crassiflora</i> do Brasil Central.....	130
<b>Tabela 3.16.</b> Estimativas dos índices de soma de postos para as quatro populações de <i>Annona crassiflora</i> com base em nove características com diferença significativa de procedência.....	131

## Lista de Figuras

<b>Figura 1.1.</b> Distribuição espacial das 4 populações amostradas de <i>Annona crassiflora</i> . .....	35
<b>Figura 1.2.</b> Exemplo de matriz de <i>Annona crassiflora</i> abordada no presente estudo. Matriz localizada na zona rural do condomínio Entre Lagos DF, próximo ao córrego Sobradinho. ....	36
Fonte: Arquivo pessoal. ....	36
<b>Figura 1.3.</b> Padrão de distribuição geográfica em UTM das 95 matrizes de <i>A. crassiflora</i> em quatro populações nativas do Brasil Central: Sobradinho – DF (16 matrizes) (A), FAL – DF (26 matrizes) (B), Planaltina – GO (23 matrizes) (C) e Buritis – MG (30 matrizes) (D). X = Longitude; Y = Latitude. ....	41
<b>Figura 1.4.</b> Box plot da variável altura (m) das matrizes de <i>A. crassiflora</i> em 4 populações do Brasil Central. ....	44
<b>Figura 1.5.</b> Box plot da variável Diâmetro da altura do peito (cm) das matrizes de <i>A. crassiflora</i> em 4 populações do Brasil Central. ....	45
<b>Figura 1.6.</b> Distribuição da altura (m) de 16 matrizes de <i>Annona crassiflora</i> na população de Sobradinho - DF. ....	48
<b>Figura 1.7.</b> Distribuição do diâmetro à altura do peito (cm) de 16 matrizes de <i>Annona crassiflora</i> na população de Sobradinho - DF. ....	48
<b>Figura 1.8.</b> Distribuição da altura (m) de 26 matrizes de <i>Annona crassiflora</i> na população da Fazenda Água Limpa - DF. ....	49
<b>Figura 1.9.</b> Distribuição do diâmetro à altura do peito (cm) de 26 matrizes de <i>Annona crassiflora</i> na população da Fazenda Água Limpa - DF. ....	49
<b>Figura 1.10.</b> Distribuição da altura (m) de 23 matrizes de <i>Annona crassiflora</i> na população de Planaltina – GO. ....	50
<b>Figura 1.11.</b> Distribuição do diâmetro à altura do peito (cm) de 23 matrizes de <i>Annona crassiflora</i> na população de Planaltina – GO. ....	50
<b>Figura 1.12.</b> Distribuição da altura (m) de 30 matrizes de <i>Annona crassiflora</i> na população de Buritis – MG. ....	51
<b>Figura 1.13.</b> Distribuição do diâmetro à altura do peito (cm) de 30 matrizes de <i>Annona crassiflora</i> na população de Buritis - MG. ....	51
<b>Figura 2.1.</b> Aspecto geral dos frutos e sementes de <i>Annona crassiflora</i> utilizados neste trabalho. ....	62
<b>Figura 2.2.</b> Dendrograma da análise de clusters hierárquica das características fenotípicas dos frutos de <i>Annona crassiflora</i> obtidos em 4 populações do cerrado no Brasil Central, 2017. ....	68

<b>Figura 2.3.</b> Box-plot das variáveis circunferência radial (cm) (A), sementes/fruto (B), massa (g) (C), razão circunferência R/L (D), circunferência longitudinal (cm) (E) e massa de 100 sementes (F) dos frutos para as 4 populações de <i>Annona crassiflora</i> do cerrado no Brasil Central, 2017. ....	76
<b>Figura 2.4.</b> Box-plot das variáveis comprimento (mm) (A), espessura (mm) (B), largura (mm) (C) e razão largura/espessura (D) das sementes para as 4 populações de <i>Annona crassiflora</i> de cerrado do Brasil Central, 2017. ....	82
<b>Figura 3.1.</b> Sementes de <i>Annona crassiflora</i> sob tratamento para superação de dormência via escarificação (esquerda) e posterior imersão em ácido giberélico-GA3 (direita). ....	95
<b>Figura 3.2.</b> Representação esquemática de um dos blocos do DBC do presente trabalho, dispondo de 15 mudas por linha do canteiro. Pop= população; M=matriz de uma dada população. ....	96
<b>Figura 3.3.</b> Aspecto dos canteiros utilizados no teste de progênies de <i>Annona crassiflora</i> antes da semeadura. ....	97
<b>Figura 3.4.</b> Aspecto da germinação de <i>Annona crassiflora</i> decorridos 85 dias da implantação do teste de progênies. ....	105
<b>Figura 3.5.</b> Aspecto geral de muda de <i>Annona crassiflora</i> aos 270 dias de instalação do teste de progênies. ....	106
<b>Figura 3.6.</b> Aspecto da muda de <i>Annona crassiflora</i> após secagem em estufa.....	107
<b>Figura 3.7.</b> Box-plot das variáveis diâmetro do coleto (mm) (A), área foliar (cm <sup>2</sup> ) (B), diâmetro do coleto 2 (mm) (C), A1/D1 (D), A2/D2 (E) e MSA (g) (F) de progênies de <i>Annona crassiflora</i> que apresentaram diferença estatisticamente significativa entre as 4 populações de cerrado do Brasil Central, 2017.....	116
<b>Figura 3.8.</b> Box-plot das variáveis MSR (g) (A), MSA/MSR (B), MST (g) (C), Número de raízes D) e Porcentagem de emergência (E) de progênies de <i>Annona crassiflora</i> que apresentaram diferença estatisticamente significativa entre as 4 populações de cerrado do Brasil Central, 2017. ....	117
<b>Figura 3.9.</b> Dendrograma da análise de clusters hierárquica dos caracteres morfométricos das progênies frutos de <i>Annona crassiflora</i> obtidos em 4 populações de cerrado do Brasil Central, 2017. ....	122

## Lista de Quadros

<b>Quadro 1.1</b> Descrição geográfica das áreas de amostragem de <i>Annona crassiflora</i> ..	33
<b>Quadro 1.2.</b> Descrição fitofisionômica, nível de conservação e situação dos arredores de quatro populações de <i>Annona crassiflora</i> .....	34
<b>Quadro 2.1</b> Descrição geográfica das áreas de amostragem de <i>Annona crassiflora</i> ..	60
<b>Quadro 2.2.</b> Descrição fitofisionômica, nível de conservação e situação dos arredores da área de amostragem de quatro populações de <i>Annona crassiflora</i> .....	61
<b>Quadro 3.1.</b> Dados meteorológicos do local de instalação do teste de progênies nos meses de maio de 2017 a fevereiro de 2018. ....	96
<b>Quadro 3.2.</b> Descrição dos dados primários coletados no teste de progênies de <i>Annona crassiflora</i> .....	98
<b>Quadro 3.3.</b> Descrição dos dados secundários calculados no teste de progênies de <i>Annona crassiflora</i> .....	100

## **Introdução Geral**

### **Introdução**

O crescente avanço da fronteira agrícola nas regiões do bioma Cerrado, aliado ao crescimento das cidades e degradação ambiental, representa um risco a biodiversidade do nosso país. De acordo com Newbold et al. (2016), o Cerrado possui menos de 80% de sua riqueza e abundância de espécies ainda intactas. Este cenário de perda de biodiversidade, além dos limites considerados seguros, está ocorrendo em 22 de 34 “hotspots”, incluindo o Cerrado.

Na contramão das pressões negativas que reduzem a biodiversidade estão as medidas de conservação. Dentre as principais classes destas medidas, existem aquelas que necessitam resgatar a biodiversidade de espécies e diversidade genética, como a recuperação de áreas degradadas, recuperação de espécies ameaçadas ou extintas localmente e enriquecimento ambiental. Todas essas práticas necessitam de material genético de boa qualidade e alta diversidade, o que pode ser obtido por meio de bancos de germoplasma. Estes bancos podem gerar testes de procedências e progênies, que por sua vez, podem se transformar em pomares de sementes (SEBBENN et al., 2007). Os pomares assim formados são eficientes para programas de melhoramento florestal na produção de sementes melhoradas a curto prazo, e ampliando a variação genética original do banco. As sementes oriundas de tais pomares podem ser utilizadas em programas de restauração atuando em duas frentes: recomposição da vegetação perdida e manutenção/propagação da diversidade genética da espécie. Vale ressaltar que diferente das estratégias

de seleção utilizadas no melhoramento florestal, que restringem e direcionam a base genética no sentido desejado, a seleção em bancos de germoplasma deve ser feita em baixa frequência e apenas dentro de procedências e/ou progênies. Desse modo a diversidade genética do pomar é preservada ao passo em que é expandida no uso de suas sementes.

Uma das espécies mais conhecidas e utilizadas na região dos Cerrados é o Araticum (*Annona crassiflora*) da família Annonaceae. Segundo Arruda et al. (2017), esta espécie é uma das 20 espécies arbóreas frutíferas mais consumidas pela população no Brasil central. A utilização dos frutos vai muito além da alimentação *in natura*, sendo utilizado também, para a fabricação de compotas, doces, geleias, sorvetes, sucos, licores e vinagres, o que os torna muito valorizados para comercialização (ALMEIDA, 1998). Estudos químicos também mostram que o fruto possui alto valor nutricional, grande diversidade de fitoquímicos e compostos fenólicos, que por suas utilizações vem atraindo o interesse de consumidores, pesquisadores e das indústrias farmacêutica, alimentícia e de cosméticos (ROESLER et al., 2007; CARDOSO et al., 2013; ARRUDA et al., 2017).

Embora possua ampla utilização e aceitação pelo mercado consumidor local, a preservação desta espécie está ameaçada. Suas sementes possuem dormência endógena (DA SILVA et al., 2007), quando há maturidade do embrião, e levam de 150 a 300 dias para germinar. A lenta e difícil germinação da espécie, aliada a necessidade de dispersores animais de grande porte e em face da degradação, a qual o cerrado é submetido, cria um cenário de baixa expectativa de preservação da espécie a longo prazo. Em razão disto este trabalho visa contribuir com a conservação da espécie por meio das seguintes

questões: Quais os padrões de variação genética da espécie em populações naturais do Brasil Central? Qual o padrão de distribuição destas populações? Quais características morfológicas podem ser utilizadas para seleção de progênies para compor um pomar de sementes?

### **Objetivo geral**

Avaliar a distribuição espacial dos indivíduos de Araticum em populações naturais, caracterizar a diversidade morfológica dos frutos e sementes destas populações e determinar os padrões de diversidade/variabilidade genética.

### **Objetivos específicos**

-Estudar espacialmente a distribuição dos indivíduos de Araticum em quatro populações nativas da região do Brasil Central;

-Caracterizar a diversidade morfométrica e estabelecer níveis de diversidade intra e interpopulacional de frutos e sementes;

-Determinar os padrões de variação genética intra e interpopulacional, tendo como propósito a seleção de genótipos para composição de um futuro pomar de sementes para esta espécie.

## Revisão de Literatura

### Caracterização da Espécie

*Annona crassiflora* é uma espécie frutífera característica e exclusiva do cerrado brasileiro. A planta é decídua - perde as folhas parte do ano; heliófita - cresce a pleno sol; e seletiva xerófita - possui mecanismos anatomo-fisiológicos para restringir a perda de água. *A. crassiflora* é arbórea, pertencente à família Annonaceae, com a altura da árvore variando entre 4 e 8 metros e o diâmetro da copa chegando aos 4 metros. O tronco é geralmente tortuoso, variando entre 20 e 30 centímetros de diâmetro, revestido por uma casca áspera e corticosa resistente à ação do fogo. As folhas são crasso-membranosas, glaucas, coriáceas quando maduras e ferrugineo-hirsutas quando jovens (LORENZI, 1998). A planta possui sistema radicular do tipo axial ou pivotante que atinge grandes profundidades (CARVALHO, 2002).

*A. crassiflora* floresce entre os meses de outubro e novembro. As flores são geralmente solitárias, podendo ser encontradas flores agrupadas, axilares, com pétalas engrossadas e carnosas de cor verde amarelada e sedosas (LORENZI, 1998). As flores são hermafroditas e apresentam protoginia, isto é, o gineceu (órgão feminino) amadurece primeiro que o androceu (órgão masculino). A polinização é do tipo entomófila, com flores apresentando termogênese, isto é, a flor totalmente formada sofre um leve aquecimento no início da noite, mais ou menos 10°C no seu interior quando comparada com a temperatura externa. Devido a esse aquecimento interno, a flor exala um forte cheiro que atrai seus polinizadores (CARVALHO, 2002). De acordo com Pereira et al. (2008), o araticum é uma planta preferencialmente alógama, mas

que exibe certo grau de autofecundação. Além disso, Cavalcante et al. (2009) afirmam que a formação de frutos é preferencialmente por meio da polinização cruzada, que não há formação de frutos sem o trabalho de polinizadores e ainda afasta a possibilidade de apomixia.

O fruto, popularmente conhecido como marolo, araticum, araticum-dos grandes e cabeça de negro é do tipo baga subglobosa, de superfície tomentosa e tuberculada, de cor verde com o fruto em desenvolvimento, e marrom, quando maduro (LORENZI, 1998). A polpa é levemente adocicada e de cheiro agradável, podendo variar do branco ao amarelo, sendo que esse último tem sabor e cheiro mais acentuado e por isto, é mais aceito pelo mercado. O fruto pode pesar de 0,5Kg a 5Kg, contendo de 60 a 190 gomos, em forma de cone, que dentro possuem, geralmente, uma semente. A frutificação tem início em novembro e a maturação se dá entre janeiro e abril, com um período curto de frutificação, mais ou menos de 14 a 16 semanas. A planta possui produção sazonal, isto é, produz muito num ano e pouco no outro. Em média, uma árvore adulta produz de 5 a 20 frutos, mas há casos de produzir até 40 frutos, que despulpados rendem de 50-60% de polpa (CARVALHO, 2002).

As suas sementes possuem aspecto obovóide, são grandes (100 sementes pesam em médias entre 150-200g) e achatadas. O tegumento é coriáceo e de cor marrom e o endosperma rígido (RIZZINI, 1973). O endosperma possui reentrâncias, e por isto, é dito que a semente possui endosperma ruminante, pois a superfície deste lembra o interior de um rumem. O endosperma é o principal componente da semente, apresentando células de formato isodiamétrico com a presença de óleos. As paredes celulares das células do endosperma de Annonaceae são bastante rígidas (HEIJDEN;

BOUMAN, 1988), possivelmente compostas de celulose, mananas ou galactomananas.

## **Germinação**

As sementes são dispersas com um embrião pequeno localizado na região do tampão do endosperma, que se alonga no endosperma lateral antes da protrusão da radícula. O embrião, no momento da dispersão, é uma massa de células não diferenciada com 2 milímetros de comprimento, hialino e de formato cilíndrico. Este ainda não se encontra completamente desenvolvido, não sendo possível distinguir os cotilédones e o eixo embrionário (RIZZINI, 1973). Após a dispersão, o embrião ainda é pouco desenvolvido, o que pode explicar o longo período necessário para protrusão da radícula (DA SILVA et al., 2004). No campo, a germinação (como protrusão radicular) começa após 150 dias após a semeadura.

Atualmente, o tipo de dormência que as sementes de *Annona crassiflora* exibe tem sido classificado como tipo morfofisiológico simples não profundo (DA SILVA et al., 2007). Além disso, os esforços para cruzar as espécies de *Annona* não tiveram êxito até agora e, portanto, o melhoramento das árvores torna-se difícil (SAMSON, 1986). A propagação de espécies de *Annona* é geralmente feita por enxerto ou brotação de raízes de mudas. Para a germinação desta espécie, melhores resultados foram obtidos com 25-32 mg/L de ácido giberélico associado com 2mg/L de ácido naftaleno-acético em meio MS (Murashige & Skoog) (RIBEIRO et al., 2009).

Em relação ao desenvolvimento de mudas de *A. crassiflora*, o trabalho de Ferreira et al. (2009) avaliou cinco substratos: terra pura, terra pura com

calcário, terra com cinza (1/3), terra com cinza (2/3), terra com cinza e calcário, os quais não apresentaram diferença significativa. A adição de calcário promove ganhos de matéria fresca e seca, na parte aérea das mudas, sendo o substrato ideal o de terra pura com calcário. Já o sistema radicular das mudas de araticum parece desenvolver-se melhor em substratos sem calcário e sem cinza

### **Dispersão das sementes**

Os frutos de plantas da família Annonaceae fazem parte da dieta de muitos vertebrados, os quais podem agir como dispersores ou predadores de sementes (HOWE; SMALLWOOD, 1982; BODMER, 1989; FRAGOSO; HUFFMAN, 2000). As sementes podem ser dispersas em três fases: quando os frutos caem no solo, quando são carregadas por vertebrados e quando há remoção por insetos em fezes (VANDER WALL; LONGLAND, 2004).

As características do fruto do araticum indicam que ele é disperso pela megafauna (GUIMARÃES et al., 2008), onde a anta (*Tapirus terrestris*) é atualmente a única responsável pela dispersão efetiva de um grande número de espécies com frutos grandes e carnosos do Cerrado (DONATTI et al., 2007). Um estudo realizado com uma população nativa de *Annona crassiflora* no estado do Mato Grosso comprovou que a anta é responsável pela dispersão efetiva do araticum, enquanto que o besouro *Spermologus rufus* (Coleoptera - Curculionidae) e a vespa *Bephratelloides pomorum* (Hymenoptera - Eurytomidae) são predadores das sementes (GOLIN et al., 2011).

## **Área de ocorrência**

*Annona crassiflora* é uma espécie que se distribui amplamente pela região de Cerrado brasileiro. Ela ocorre nos estados de Minas Gerais, Mato Grosso do Sul, Distrito Federal, Mato Grosso, Maranhão, Goiás, Tocantins, Pará, Bahia e Piauí, em áreas de cerrados e cerradões, sendo mais frequente em terrenos elevados e de solos arenosos (RIBEIRO et al., 2000).

O trabalho de Mesquita et al. (2007) mostrou que o araticum ocorre em maior densidade em cerrado típico, localizado nos Latossolos não-concrecionários dos chapadões. Além disso, ele convive em ambiente com baixo nível de oferta nutricional e sua área basal total é influenciada positivamente pelos níveis de Ca, Mg e K no solo. Já a densidade de plantas de araticum é influenciada negativamente pelos níveis de ferro no solo. O levantamento também observou que a distância geográfica entre as áreas não influenciou na densidade de plantas, na área basal média e na área basal total das plantas de araticum.

## **Distribuição Espacial**

Os padrões de distribuição espacial de uma espécie podem ser estudados em escala macro (biogeográfica), meso (comunidades) ou micro, que considera a distribuição espacial dos indivíduos dentro da comunidade. Dentro de uma população, os indivíduos podem apresentar três tipos básicos de distribuição: aleatório ou ao acaso, uniforme ou regular e agregado, considerando uma escala micro (HAY et al., 2000).

A interação de diferentes fatores determina esses padrões espaciais, como a dispersão de sementes produzidas pela planta-mãe, a abundância e a atividade de animais que atuam como agentes dispersores, a influência do movimento da água e do vento na chuva de sementes, a ocorrência de dispersão secundária, a abundância e comportamento de herbívoros e predadores de sementes, além da distribuição espacial de locais propícios à germinação (HUTCHINGS, 1986).

Padrões de dispersão regulares derivam da interação entre os indivíduos e são comuns em espécies animais territorialistas, mas incomuns em populações e comunidades vegetais, restringindo-se a espécies que apresentem compostos inibidores de outros indivíduos em sua vizinhança. Os padrões agrupados em plantas são observados quando há uma tendência das progênes permanecerem próximas aos indivíduos parentais. Quando não há pressões antagônicas ou restrições de distribuição de progênes, a distribuição espacial tende a ser aleatória (RICKLEFS; MILLER 2000). A distribuição dos indivíduos de uma população afeta não somente os sistemas de cruzamentos de plantas, mas também como as espécies utilizam os recursos disponíveis e como estas espécies podem ser usadas como recursos (KAGEYAMA et al., 2003).

A dispersão de sementes é o processo inicial que gera a distribuição espacial de uma dada espécie. Em espécies anemocóricas, cujos diásporos são dispersos pelo vento, seria esperada uma distribuição dos indivíduos ao acaso, uma vez que não há a deposição proposital de diásporos em determinados micro-sítios. Tal distribuição não ocorre quando há fatores ambientais atuando no estabelecimento da plântula ou na coorte. Por outro

lado, para a autocoria seria esperada a deposição de diásporos em determinados micro-sítios, mais precisamente ao redor da planta-mãe. Este padrão também seria esperado para espécies dispersas por animais (zoocoria), uma vez que muitas vezes há a deposição de diásporos em locais específicos, como em poleiros de alimentação, relacionados ao habitat de cada espécie. Diferentes padrões de distribuição espacial podem ser encontrados se fatores ambientais forem mais importantes no estabelecimento das plântulas ou na coorte da espécie (ROSSETO et al., 2005).

Avaliar a distribuição espacial de espécies vegetais nativas é fundamental para entender também o nível de conservação de comunidades. Em locais alterados, espécies de estágios iniciais de sucessão ecológica tendem a apresentar um padrão de distribuição agregado (KANIESKI et al., 2012). Mas o padrão espacial pode ser distinto nas diferentes classes de tamanho, mesmo quando esta espécie apresenta alta densidade (NASCIMENTO et al., 2001). O grau de agregação pode variar, com os indivíduos das menores classes de tamanho apresentando tendência ao agrupamento e os das classes maiores podendo ocorrer fortemente agrupadas em comunidades florestais (CARVALHO, 1983). A heterogeneidade de padrões espaciais, em diferentes sistemas naturais, geralmente possui diversos fatores geradores, os quais vêm recebendo atenção de diversas áreas da ciência (DALE et al., 2002).

Além da dispersão de sementes, a topografia e o solo estão entre os principais fatores determinantes da distribuição de espécies vegetais em escala local, porém, informações sobre o padrão de distribuição espacial e seus fatores condicionantes ainda são incipientes para a grande maioria das

espécies vegetais que ocorrem no Brasil (RODRIGUES et al., 2007). Muitos estudos já foram desenvolvidos na savana brasileira, no entanto, poucos destes estão relacionados à distribuição espacial das espécies vegetais (BERNASOL; LIMA-RIBEIRO, 2010).

Conhecer o padrão de distribuição espacial de uma espécie ajuda a avaliar os processos sucessionais e ecológicos, que são fundamentais para a compreensão de um sistema florestal e assim, adotar medidas de manejo para conservação da floresta (RODE et al., 2010). Com relação ao Cerrado, estudos da distribuição espacial de populações de plantas são importantes para a elaboração de estratégias de manutenção, recuperação e conservação das espécies em áreas naturais.

### **Uso da espécie**

Entre as frutas nativas brasileiras, que ainda não foram domesticadas, o araticum é uma das que apresentam o maior índice de aproveitamento. Além do consumo *in natura* do fruto, são inúmeras as receitas de doces e bebidas que levam o sabor perfumado e forte de sua polpa. Existe mercado para o fruto e, durante os meses de fevereiro a abril, é possível encontrar araticum sendo vendido nas ruas, nos mercados, feiras e à beira de estradas por onde ele ocorre.

O potencial econômico do araticum como cultura foi calculado baseado no preço médio do fruto de R\$ 3,00, na produtividade média de 10 frutos por planta e na densidade de 357 plantas por hectare. O ganho bruto médio com a venda dos frutos é de R\$ 12.495,00/ha/ano, podendo chegar a R\$

21.420,00/ha/ano caso o agricultor comercialize a polpa do fruto (CARVALHO, 2002).

A casca que reveste o tronco pode ser empregada como substituto da cortiça e a madeira pode ser utilizada como caixotaria e miolo de portas e painéis (LORENZI, 1998). *A. crassiflora*, apesar de apresentar crescimento lento, é uma árvore rústica, de pequeno porte e com raízes profundas, características desejáveis para a arborização de ruas estreitas.

O araticunzeiro ainda se destaca por possuir propriedades farmacológicas especiais que incluem a sua utilização por populações regionais no tratamento de picadas de cobras (SANTOS et al., 1996) e em afecções parasitárias no couro cabeludo (ALMEIDA, 1998). A polpa de fruta madura é utilizada como adstringente e tônica, e a infusão de folhas e sementes é usada contra sífilis, diarreia e reumatismo (ALMEIDA et al., 1987). Substâncias extraídas do araticunzeiro já foram também testadas no combate a micoses sistêmicas (RIBEIRO et al., 2000). Santos et al. (1996) descreveram a estrutura de um novo policetídeo extraído a partir das sementes de *A. crassiflora*, denominado araticulina, que demonstrou, *in vitro*, citotoxicidade contra células de carcinoma humano e contra células de melanoma humano.

Com todas estas possibilidades de uso da espécie, o cultivo da *A. crassiflora* pode-se tornar atrativo tanto para fins econômicos como de conservação. Na região do cerrado ela pode ser cultivada juntamente com outras espécies e também em áreas de preservação ambiental, garantindo renda ao produtor e baixo impacto ambiental. Outro ponto a ser considerado é o fato de a *A. crassiflora* nativa correr risco de extinção, devido ao desmatamento do cerrado. O repovoamento e preservação de reservas ainda

existentes que tenham *A. crassiflora* possuem, portanto, um valor ambiental inestimável.

### **Estrutura genética e diversidade**

A diversidade genética de uma população envolve a descrição dos níveis de diversidade genética mantida dentro das populações através da comparação dessa diversidade dentro e entre as populações (HAMRICK, 1983). Fatores evolutivos como a deriva genética e seleção, são afetados pela dinâmica populacional de plantas, proporcionando modificações na estrutura genética nas populações (GAIOTTO et al., 2003). Ao longo do tempo, a estrutura genética é resultante da reprodução, dispersão e sobrevivência dos indivíduos de uma população. Portanto, é importante juntar o conhecimento do sistema de acasalamento e reprodução, a história de vida e os fatores ecológicos de determina espécie, pois eles são fundamentais para entender a dinâmica evolutiva e ecológica das populações (LOVELESS et al., 1998).

Os estudos da estrutura genética, ou seja, da distribuição dos alelos e dos genótipos no espaço e no tempo, são fundamentados no teorema de Hardy-Weinberg. Esse teorema considera que em uma população de tamanho muito grande (infinito), onde ocorrem cruzamentos ao acaso, as frequências gênicas e genotípicas permanecem constantes de geração a geração, na ausência de migração, seleção e deriva. Seguindo esse princípio, é possível calcular as frequências teóricas de um determinado genótipo (FUTUYMA, 2002).

A variação genética é condição fundamental para que a evolução ocorra, pois a seleção natural atua nas diferenças que ocorrem dentro das populações

(TORGGLER et al., 1995). Populações com maior diversidade genética apresentam maiores chances de sucesso diante de mudanças ambientais (FLEISHMAN et al., 2001; JONES et al., 2001).

Espécies de ampla distribuição geográfica, vida longa, reprodução por fecundação cruzada e dispersão de sementes por animais apresentam maiores níveis de diversidade genética. Segundo a ótica populacional, a distância geográfica e os sistemas de cruzamento contribuem para a maior parte da diversidade genética dentro das populações. Espécies alógamas possuem maior diversidade genética dentro de suas populações quando comparadas às espécies autógamas (HAMRICK; GODT, 1989).

A falta de informações sobre os aspectos genéticos das espécies é um dos principais problemas na avaliação de recursos genéticos e decorre, principalmente, da carência de estudos sobre diversidade genética. Esse problema dificulta o estabelecimento de estratégias que assegurem não só a conservação de populações naturais de plantas ecologicamente importantes, mas também, a de outros recursos genéticos potencialmente úteis às populações humanas.

Em populações naturais, os estudos genéticos têm como objetivo analisar e quantificar como a diversidade genética está distribuída no tempo e no espaço, sua distribuição dentro e entre populações, permitindo compreender como a seleção natural está atuando e como tem sido a adaptabilidade da espécie (ESTOPA et al., 2006). O conhecimento dos padrões de diversidade genética dentro e entre populações é um valioso instrumento para técnicas conservacionistas eficientes (FRANKEL et al., 1995).

A caracterização da diversidade genética pode ser feita a partir de medidas de diversidade intra e interpopulacional, que podem ser estimadas a partir de dados gerados por marcadores moleculares, como a porcentagem de locus polimórficos, o índice de fixação, a heterozigosidade esperada no equilíbrio de Hardy-Weinberg e a heterozigosidade observada (BERG; HAMRICK, 1997; CAVALLARI-NETO, 2004). A quantificação dessa diversidade pode ser feita por marcadores morfológicos, bioquímicos ou moleculares, e os avanços tecnológicos nessa área têm permitido informações cada vez mais valiosas para programas de conservação genética e melhoramento florestal (ESTOPA et al., 2006).

### **Diversidade Genética de *Annona crassiflora***

Dada a grande importância da espécie nativa *Annona crassiflora* para a preservação do bioma Cerrado, além da importância alimentar, farmacológica e medicinal, esta espécie vem sofrendo uma forte pressão devido ao impacto causado pela fragmentação das suas populações seja pelo extrativismo inadequado, ou pela expansão das fronteiras agrícolas. Os processos de fragmentação de populações naturais culminam com a interrupção no fluxo gênico, perda de diversidade, aumento da deriva genética e endogamia, com consequente diminuição dos tamanhos efetivos e depressão por endogamia (YOUNG et al., 1996). Esses processos podem conduzir as populações à extinção, pois aquelas com baixos níveis de diversidade acabam sucumbindo-se à pressão da seleção natural. Portanto, faz-se necessário estudos sobre diversidade dessa espécie visando sua conservação.

Para o estudo de diversidade genética, são utilizados tanto marcadores genéticos quanto marcadores morfométricos. Os marcadores moleculares (isoenzimáticos, protéicos e de DNA) têm sido amplamente utilizados na caracterização genética de populações naturais de plantas e animais, por permitirem a obtenção de um grande número de informações com um esforço relativamente pequeno (HILLIS et al., 1996; ALFENAS et al., 1998; FERREIRA e GRATTAPAGLIA, 1998).

Os parâmetros genéticos populacionais estimados com base em marcadores podem ser utilizados para diversos fins, como a conservação de espécies importantes, ou de espécies que estão inseridas em biomas que devem ser preservados. Estes parâmetros podem ser úteis na detecção de populações que apresentem diferentes magnitudes de diversidade genética e que, portanto, requerem diferentes estratégias para sua conservação *in situ* ou *ex situ* (AVISE; HAMRICK, 1996; NEWTON et al., 1999). As informações de genética molecular aliadas aos conhecimentos da história de vida e de características ecológicas da espécie permitem conhecer parte da sua biologia, bem como da sua interação com outras espécies do bioma no qual ela está inserida.

Análises genéticas moleculares de *Annona crassiflora* sugerem que a reprodução dessa espécie nas populações estudadas do estado de Goiás ocorre preferencialmente por fecundação cruzada, conforme dados sobre a biologia floral dessa espécie apresentados por Gottsberger (1994). As plantas da família *Annonaceae* têm flores que apresentam dicogamia (protoginia), sendo as fases feminina (período de receptividade dos estigmas) e masculina (período de liberação do pólen) nitidamente distintas. Outra característica

marcante das flores da família Annonaceae dos Cerrados é o fechamento das pétalas sobre os órgãos reprodutivos durante a antese. A cavidade assim formada tem funções na polinização das flores, sendo chamada “câmara de polinização” ou “câmara floral”. A polinização é feita exclusivamente por coleópteros. Estudos recentes mostram que a polinização cruzada manual proporciona maior frutificação do araticum (CAVALCANTE et al., 2009).

O trabalho de Pereira et al. (2008), utilizando marcadores microssatélites para *A. crassiflora* sugeriu que a espécie possivelmente adota um sistema misto de reprodução, com autofecundação e cruzamentos aleatórios. Telles et al. (2003) observaram para o araticunzeiro um valor significativo para o coeficiente de endogamia total, decorrente de uma estruturação genética em nível populacional, sendo as populações constituídas por indivíduos com grau de coancestria acima da média. Como consequência, uma significativa parcela da diversidade genética total encontra-se entre as populações locais, estando as diferenças interpopulacionais associadas, possivelmente, à posição geográfica das populações.

Para populações nativas do estado de Goiás, Blanco et al. (2007) mostraram populações de *A. crassiflora*, mesmo isoladas geograficamente, ainda apresentam elevada diversidade genética em termos de polimorfismo de DNA cloroplastidial. Entretanto, apesar da alta diversidade genética presente na espécie, as populações encontraram-se num iminente processo de diferenciação como resultado provável da fragmentação pelo qual o Cerrado vem passando nos últimos sessenta anos. A taxa de divergência entre as populações já se encontra em patamares significativos, a despeito da elevada similaridade existente entre elas.

## **Diversidade Genética com Caracteres Quantitativos**

A diversidade genética de uma espécie existe entre e dentro de populações, sendo sua estrutura resultante da ação conjunta de mutação, migração, seleção e cruzamentos (LOVELESS; HAMRICK, 1984). Grupos de indivíduos estabelecidos em diferentes regiões com características ambientais próprias tendem a se diferenciarem geneticamente em forma de populações. Isso ocorre como reflexo da limitação de fluxo gênico e das distintas pressões de seleção sofridas por cada população (FREITAS; BEREL, 2003).

Testes combinados de procedência e progênies são utilizados com a finalidade de identificação de variação genética entre e dentro de populações (ETTORI et al., 1995; ETTORI et al., 1996; SEBBENN et al., 2002; SEBBENN et al., 2003; ETTORI et al., 2004). Neste contexto, a avaliação da estrutura genética entre populações com auxílio de testes genéticos pode ser utilizada como parâmetro para definição das melhores zonas de coleta e uso de sementes (CUNNINGHAM, 1975).

Com isso, dependendo do sistema reprodutivo da espécie a estrutura genética das populações será diferente, e a diversidade é distribuída de forma diferente entre os indivíduos de cada população. O tipo e comportamento do agente polinizador e dispersor de sementes também apresentam grande influência, devido ao fluxo gênico diferenciado. Espécies que apresentam agentes polinizadores que atingem grandes distâncias (como vento, aves ou morcegos) e/ou dispersores que distribuam as sementes por grandes extensões (como vento) possuem maior diversidade genética dentro de populações, uma vez que o extenso fluxo gênico pode impossibilitar uma ampla diferenciação entre as populações (MORI, 2003).

Para quantificar e analisar a diversidade genética, diversos caracteres podem ser observados. Caracteres genéticos quantitativos são, em geral, controlados por muitos genes e são muito influenciados pelo ambiente, apresentando variação contínua, ao passo que caracteres qualitativos apresentam herança monogênica (controlados por um ou poucos genes) e tem pouca ou nenhuma influência do ambiente (FALCONER, 1987).

A maioria dos caracteres de interesse econômico apresenta herança quantitativa (RESENDE, 2002). O estudo da variação e da herança destes caracteres se baseia na análise de gerações, separando indivíduos em classes e avaliando suas proporções nos cruzamentos. Contudo, como os caracteres quantitativos são altamente influenciados pelo ambiente a informação gerada por um único indivíduo tem pouca validade. Se o efeito do ambiente pode tanto aumentar como diminuir a manifestação fenotípica de um caráter, a média de um conjunto de indivíduos tende a cancelar o efeito do ambiente, sendo uma medida mais confiável. Assim, as características quantitativas são estudadas em nível de população, avaliando-se quais as frações da média e da variância são herdáveis (CRUZ, 2005).

O modelo básico utilizado em estudos genéticos de caracteres quantitativos é  $P = G + E$ , que define o valor fenotípico (P) medido nos indivíduos como resultado da ação do genótipo (G) ou valor genotípico sob influência do meio (E) (FALCONER, 1987). No estudo genético de um caractere pretende-se determinar a fração herdável tanto do valor genotípico quanto da variância genotípica. Assim, com base nos valores das médias e das variâncias de um teste genético é possível obter estimativa de parâmetros genéticos úteis para avaliação da potencialidade de populações para fins de

melhoramento, bem como estabelecer estratégias eficazes de seleção e conservação genética (CRUZ; CARNEIRO, 2006).

Os parâmetros mais importantes no melhoramento florestal são as variâncias genéticas e seus componentes aditivos e não aditivos, o coeficiente de herdabilidade (sentido amplo e restrito), as correlações genéticas entre características e associações entre idades para características (FIER, 2001). Ressalta-se que os parâmetros genéticos somente são validados para a população, na idade observada e nas condições ambientais em que foram desenvolvidos os testes genéticos. Isto se deve porque os genes agem de forma diferente, respondendo aos efeitos da idade e do local (KIKUTI, 1988).

Dentre os principais procedimentos para a estimação dos parâmetros genéticos destaca-se a análise de variância (ANOVA), em que os componentes de variância são obtidos pela decomposição dos quadrados médios com base nas suas esperanças matemáticas, e o procedimento REML/BLUP - máxima verossimilhança restrita fornece a melhor predição linear não viciada (CRUZ e CARNEIRO, 2006). No melhoramento de plantas, o procedimento de máxima verossimilhança restrita, também conhecida genericamente como metodologia de modelos mistos, é atualmente o procedimento mais adequado por apresentar estimativas mais acuradas para dados desbalanceados, sendo o mais utilizado em programas de melhoramento genético de espécies perenes (RESENDE, 2006).

Na análise de modelos mistos com dados desbalanceados, os efeitos do modelo não são testados via teste de F tal como se faz no método da análise de variância. Para este caso, o teste de significância recomendado é o teste da razão de verossimilhança (LRT). Um quadro similar ao da análise de variância

é elaborado, sendo denominado de Análise de Deviance (ANADEV) e é estabelecido pelos seguintes passos:

a) obtenção do logaritmo do ponto de máximo da função de verossimilhança residual (L) para modelos com e sem o efeito a ser testado;

b) obtenção da deviance  $D = -2 \text{ Log } L$  para modelos com e sem o modelo a ser testado;

c) cálculo da diferença entre as deviances para modelos sem e com o efeito a ser testado, obtendo a razão de verossimilhança (LR);

d) teste, via LRT, da significância da diferença usando o teste qui-quadrado com 1 grau de liberdade (RESENDE, 2007).

## Referências Bibliográficas

- ALFENAS, A.C.; PETERS, I.; BRUNE, W.; PASSADOR, G.C. **Eletroforese de proteínas e isoenzimas de fungos e essências florestais**. Universidade Federal de Viçosa, Viçosa. 1991.
- ALMEIDA, S.P.; SILVA, J.A.; RIBEIRO, J.F. **Aproveitamento Alimentar de Espécies Nativas do Cerrado: Araticum, Baru, Cagaita e Jatobá**. Embrapa/CPAC, Planaltina. 1987.
- ALMEIDA, S.P. Frutas nativas do cerrado: caracterização físico-química e fonte potencial de nutrientes. *In* **Cerrado: ambiente e flora**. Embrapa-CPAC, Planaltina, 247-281. 1998.
- ARRUDA, H.S.; PEREIRA, G.A.; PASTORE, G.M. Oligosaccharide profile in Brazilian Cerrado fruit araticum (*Annona crassiflora* Mart.). **LWT - Food Science and Technology**, 76: 278–283. 2017.
- AVISE, J.C.; HAMRICK, J.L. Conservation genetics, case histories from nature. **Chapman & Hall**, New York. 1996.
- BERG, E.E.; HAMRICK, J.L. Quantification of genetic diversity at allozyme loci. **Canadian Journal of Forest Research**, 27: 415-24. 1997.
- BERNASOL, W.P.; LIMA-RIBEIRO, M.S. Estrutura espacial e diamétrica de espécies arbóreas e seus condicionantes em um fragmento de cerrado sentido restrito no sudoeste goiano. **Hoehnea**, 37: 181–198. 2010.
- BLANCO, A.J.V.; PEREIRA, M. de F.; COELHO, A.S.G.; CHAVES, L.J. Diversidade genética em populações naturais de araticunzeiro (*Annona crassiflora* Mart.) por meio da análise de sequências de CpDNA. **Pesquisa Agropecuária Tropical**, 37:169-175. 2007.
- BODMER, R.E. Frugivory in amazonian Artiodactyla: evidence for the evolution of the ruminant stomach. **Journal of Zoology**, 219: 457-467. 1989.
- CARDOSO, L.M.; OLIVEIRA, D.S.; BEDETTI, S.F.; MARTINO, H.S.D.; PINHEIROSANT'ANA, H.M. Araticum (*Annona crassiflora* Mart.) from the Brazilian Cerrado: Chemical composition and bioactive compounds. **Fruits**, 68: 121–134. 2013.
- CARVALHO, J.A. **Marolo: o doce sabor do cerrado: sugestões de cultivo**. Folha Machadense, 2002.
- CARVALHO, J.O.P. Abundância, frequência e grau de agregação de Pau-rosa (*Aniba duckei*) na Floresta Nacional do Tapajós. **Boletim de Pesquisa**, 53: 5–18. 1983.
- CAVALCANTE, T.R.M.; NAVES, R.V.; FRANCESCHINELLI, E.V.; SILVA, R.P. Polinização e formação de frutos em araticum. **Bragantia**. 68: 13-21. 2009.

CAVALLARI NETO, M. **Efeito do manejo na diversidade genética de populações naturais de *Tabebuia cassinoides* Lan (DC), por marcadores isoensimáticos.** 81 f. Dissertação de Mestrado, Escola Superior de Agronomia “Luiz de Queiroz”, Universidade de São Paulo, Piracicaba/SP. 2004.

CRUZ, C.D. **Princípios da genética quantitativa.** Viçosa: Universidade Federal de Viçosa, 2005.

CRUZ, C.D.; CARNEIRO, P.C.S. **Modelos biométricos aplicados ao melhoramento genético.** Viçosa: Universidade Federal de Viçosa, 2006.

CUNNINGHAM, R.A. Provisional tree and shrub seed zones for the Great Plains. **Great Plains Agricultural Council Publication.** 71: 1-15. 1975.

DA SILVA, E.A.A.; DAVIDE, A.C.; MELO, D.L.B.; ABREU, G.B.; NIJSEE, J.; HILHORST, H.W.M. Preliminary studies on dormancy of *Annona crassiflora* Mart. seeds. In: **International symposium on plant dormancy**, 3., Wageningen, 2004. Proceedings. Wageningen: Wageningen International Conference Centre, p.4. 2004.

DA SILVA, E.A.A.; MELO, D.L.B.; DAVIDE, A.C.; BODE, N.; ABREU, G.B.; FARIA, J.M.R.; HILHORST, H.W. Germination Ecophysiology of *Annona crassiflora* Seeds. **Annals of Botany**, 99: 823-830. 2007.

DALE, M.R.T.; DIXON, P.; FORTIN, M.J.; LEGENDRE, P.; MYERS, D.E.; ROSENBERG, M.S. Conceptual and mathematical relationships among methods for spatial analysis. **Ecography**, 25: 558– 577. 2002.

DONATTI, C.I.; GALETTI, M.; PIZO, M.A.; GUIMARES, P.R., Jr.; JORDANO, P. Living in the land of ghosts: fruit traits and the importance of large mammals as seed dispersers in the Pantanal, Brazil. In: Frugivory and seed dispersal: theory and applications in a changing world. Wallingford, UK.: **Commonwealth Agricultural Bureau International**, 104-123. 2007.

ESTOPA, R. A.; SOUZA, A. M.; MOURA, M. C. O.; BROTEL, M. C. G.; MENDONÇA, E.G.; CARVALHO, D. Diversidade genética em populações naturais de candeia (*Eremanthus erythropappus* (DC.) MacLeish). **Scientia Forestalis**, 70:97-106. 2006.

ETTORI, L.C.; SIQUEIRA, A.C.; NOGUEIRA, J.C.B.; FERREIRA, A.B.; ZANATTO, A.C.S. Conservação “ex situ” dos recursos genéticos de ipê-amarelo (*Tabebuia vellosi* Tol.) através de teste de procedência e progênies. **Revista do Instituto Florestal**, São Paulo, 7:157-168. 1995.

ETTORI, L.C.; SIQUEIRA, A.C.; SATO, A.S.; CAMPOS, O.R. Diversidade genética em populações de ipê-roxo – *Tabebuia heptaphylla* (Vell.) Tol. Para conservação “ex situ”. **Revista do Instituto Florestal**, São Paulo, 8:61-70. 1996.

ETTORI, L.C.; SATO, A.S.; SHIMIZU, J.Y.; Variação genética em procedências e progênes mexicanas de *Pinus maximinoi*. **Revista do Instituto Florestal**, São Paulo, 16:1-9. 2004.

FALCONER, D. S. **Introdução à genética quantitativa**. Tradução de Martinho de Almeida e Silva e José Carlos Silva. Viçosa, UFV, 1987.

FERREIRA, M.E.; GRATTAPAGLIA, D. **Introdução ao uso de marcadores moleculares em análise genética**. Embrapa-Cenargen, Brasília. 1998.

FIER, I.S.N. **Variação genética e métodos de melhoramento para *Pinus maximinoi* H. Moore em Telêmaco Borba (PR)**. 46 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Florestal) - Setor de Ciências Agrárias, Universidade Federal do Paraná, Curitiba, 2001.

FLEISHMAN, E.; LAUNER, A.E.; SWITKY, K.R.; YANDELL, U.; HEYWOOD, J.; MURPHY, D. D. Rules and exceptions in conservation genetics: genetic assessment of the endangered plant *Cordylanthus palmatus* and its implications for management planning. **Biological Conservation**, 98:45-53, 2001.

FRAGOSO, J.M.V.; HUFFMAN, J.M. Seed-dispersal and seedling recruitment patterns by the last neotropical megafauna element in Amazonia, the tapir. **Journal of Tropical Ecology**, 16:369-385. 2000.

FRANKEL, O.H.; BROWN, A.H.D.; BURDON, J.J. **The conservation of plant biodiversity**. Cambridge: Cambridge University Press. 1995.

FREITAS, L.B.de; BEREL, F. **Genética e evolução vegetal**. Porto Alegre: Ed. da UFRGS, 2003.

FUTUYMA, D. J. **Biologia evolutiva**. 2 ed. Ribeirão Preto: FUNPEC – RP, 2002.

GAIOTTO, F.A.; GRATTAPAGLIA, D.; VENCOVSKY, R. Genetic structure, mating system, and long-distance gene flow in heart of Palm (*Euterpe edulis* Mart.). **J. Heredity**, 5:399-406. 2003.

GOLIN, V.; SANTOS-FILHO, M.; PEREIRA, M.J.B. Dispersão e predação de sementes de araticum no Cerrado de Mato Grosso, Brasil. **Ciência Rural**. 41:101-107, 2011.

GOTTSBERGER, G. Annonáceas do cerrado e sua polinização. **Revista Brasileira de Biologia**. 54:391-402, 1994.

GUIMARÃES, P.R.JR.; GALETTI, M.; JORDANO, P. Seed dispersal anachronisms: rethinking the fruits extinct megafauna ate. **PLoS ONE**. 3: 1-13, 2008.

HAMRICK, J.L. The distribution of genetic variation within and among natural plant population. In: SCHONE-WALD-COX, C. M.; CHAMBERS, S. H.; MacBYDE, B.; THOMAS, L. **Genetics and conservation**. Menlo Park: Califórnia: Benjamin Cummings Publishing Company, p. 335-348, 1983.

HAMRICK, J.L.; GODT, M.J.W. Allozyme diversity in plant species. In: Brow, A. H. D.; Clegg, M. T.; Kahler, A.L.; Weir, B.S. (Ed.) **Plant population genetics, breeding and genetic resources**, Sunderland: Sinauer Associates Inc.pp. 43-63. 1989.

HAY, J.D.; BEZERRIL, M.X.; CALOURO, A.M.; COSTA, E.M.N.; FERREIRA, A.A.; GASTAL, M.L.A.; GOES JUNIOR, C.D.; MANZAN D.J.; MARTINS, C.R.; MONTEIRO, J.M.G.; OLIVEIRA, S.A.; RODRIGUES, M.C.M.; SEYFFARTH, J.A.S.; WALTER, B.M.T. Comparação do padrão espacial em escalas diferentes de espécies nativas do cerrado, em Brasília, DF. **Revista Brasileira de Botânica**, 23:341-347. 2000.

HEIJDEN, E.; BOUMAN, F. Studies in Annonaceae. X Seed Anatomy of the Annona group. **Botanish Jahrbucher fur Systematik**, 110:117-135. 1988.

HILLIS D.M., MORITZ, C.; MABLE, B.K. **Molecular Systematics**. Sinauer Associates, Sunderland. 1996.

HOWE, H.F.; SMALLWOOD, J. Ecology of seed dispersal. **Annual Review of Ecology and Systematics**, 13:201-227, 1982.

HUTCHINGS, M.J. **The structure of plant populations**. In: Plant ecology (Crawley, M.J.ed.). Blackwell, Oxford, p. 97-136. 1986.

JONES, B.; GLIDDON, C.; GOOD, J.E.G. The conservation of variation in geographically peripheral populations: *Lloydia serotina* (Liliaceae) in Britain. **Biological Conservation**, 101:147-156. 2001.

KAGEYAMA, P.Y.; SEBBENN, A.M.; RIBAS, L.A.; GANDARA, F.B.; CASTELLEN, M.; PERECIM, M.B.; VENCOVSKY, R. Diversidade genética em espécies arbóreas tropicais de diferentes estágios sucessionais por marcadores genéticos. **Scientia Forestalis**, 64: 93–107. 2003.

KANIESKI, M.R.; LONGHI, S.J.; NARVAES, I. S.; SOARES, P.R.C.; LONGHI-SANTOS, T.; CALLEGARO, R.M. Diversidade e padrões de distribuição espacial de espécies no estágio de regeneração natural em São Francisco de Paula, RS, Brasil. **Floresta**, 42: 509-518. 2012.

KIKUTI, P. **Parâmetros genéticos em progênies de meios irmãos e clonais numa população de *Eucalyptus grandis* (Hill) Maiden na região de Telêmaco Borba - PR.** 199 f. Dissertação (Mestrado em Ciências Florestais) – Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz”, Piracicaba, 1988.

LORENZI, H. **Árvores brasileiras: manual de identificação e cultivo de plantas arbóreas nativas do Brasil.** 2. ed. Nova Odessa: Plantarum, 1998.

LOVELESS, M.D.; HAMRICK, J.L. Ecological determinants of genetic structure in plant populations. **Annual Review of Ecology and Systematics**, 15:65-95. 1984.

LOVELESS, M.D.; HAMRICK, J.L.; FOSTER, R.B. Population structure and mating system in *Tachigali versicolor*, a monocarpic neotropical tree. **Heredity**. 81:134-143. 1998.

MESQUITA, M.A.M.; NAVES, R.V.; SOUZA, E.R.B.; BERNARDES, T.G.; SILVA, L.B. Caracterização de ambientes com alta ocorrência natural de araticum (*Annona crassiflora* Mart.) no Estado de Goiás. **Revista Brasileira de Fruticultura**, 29: 015-019. 2007.

MORI, E.S. Genética de populações arbóreas: orientações para seleção e marcação de matrizes. **Instituto Florestal - Séries Registros**. São Paulo, 1:35-44. 2003.

NASCIMENTO, A.R.T.S., LONGHI, J.; BRENA, D. A. 2001. Estrutura e Padrões de Distribuição Espacial de Espécies Arbóreas em uma Amostra de Floresta Ombrófila Mista em Nova Prata, RS. **Ciência Florestal**, 11: 105–119. 2001.

NEWBOLD, T., HUDSON, L.N., ARNELL, A.P., CONTU, S., DE PALMA, A., FERRIER, S., HILL, S.L.L., HOSKINS, A.J., LYSENKO, I., PHILLIPS, H.R.P., BURTON, V.J., CHNG, C.W.T., EMERSON, S., GAO, D., PASK-HALE, G., HUTTON, J., JUNG, M., SANCHEZ-ORTIZ, K., SIMMONS, B.I., WHITMEE, S., ZHANG, H., SCHARLEMANN, J.P.W., PURVIS, A. Has land use pushed terrestrial biodiversity beyond the planetary boundary? A global assessment. **Science**, 353:45–50. 2016.

NEWTON, A.C., ALLNUTT, T.R., GILLIES, A.C.M., LOWE, A.J.; ENNOS, R.A. Molecular phylogeography, intraspecific variation and the conservation of tree species. **Trends in Ecology and Evolution**, 14:140-145. 1999.

PEREIRA, M.F., BANDEIRA, L.F., BLANCO, A.J.V, CIAMPI, A.Y., COELHO, A.S.G. Development of microsatellite markers in *Annona crassiflora* Mart. a brazilian Cerrado fruit tree species. **Molecular Ecology Resources**, 8:1329–1331. 2008.

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

RESENDE, M.D.V.de. **O Software Selegen-Remi/Blup**. Campo Grande: Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária (Embrapa), 2006.

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

RIBEIRO, J.F.; BRITO, M.A.; JUNIOR, E.J.S.; FONSECA, C.E.L. **Araticum (Série Frutas Nativas,12)**. Jaboticabal: Funep, 2000.

RIBEIRO, M.N.O.; PASQUAL, M.; VILLA, F.; PIO, L.A.S.; HILHORST, H.W.M. In vitro seed germination and seedling development of *Annona crassiflora* Mart. **Scientia Agricola** 66: 410-413. 2009.

RICKLEFS, R.E.; MILLER, G. L. **Ecology**. 4th. Edition. W.H. Freeman and Company. New York. 2000.

RIZZINI, C.T. Dormancy in seeds of *Annona crassiflora* Mart. **Journal of Experimental Botany**, 24:117 – 123. 1973.

RODE, R.; FIGUEIREDO FILHO, A.; MACHADO, S. A.; GALVÃO, F. Análise do padrão espacial de espécies e de grupos florísticos estabelecidos em um povoamento de *Araucaria angustifolia* em uma floresta ombrófila mista no Centro-Sul do Paraná. **Floresta**, 40: 255–268. 2010.

RODRIGUES, L. A.; CARVALHO, D.A.; OLIVEIRA-FILHO, A.T.; CURTI, N. 2007. Efeitos de solos e topografia sobre a distribuição de espécies arbóreas em um fragmento de floresta estacional semidecidual, em Luminárias, MG. **Revista Árvore**, 31(1): 25–35. 2007.

ROESLER, R. **Estudo de frutas do cerrado brasileiro para avaliação de propriedade funcional com foco na atividade antioxidante**. 218 p. Tese (Doutorado em Ciência de Alimentos), Faculdade de Engenharia de Alimentos, Universidade Estadual de Campinas, 2007.

ROSSETO, V.; ARAÚJO, J.S.; SFAIR, J.C.; LATINI, A.O. **Avaliação da distribuição espacial de espécies arbóreas em um fragmento de Cerrado do município de Itirapina, SP**. 2005. Disponível em: <http://www.ib.unicamp.br/profs/fsantos/ecocampo/ne211/2005/R2-b.pdf>. Acesso em: 15/01/2018.

SAMSON, J.A. **Tropical fruits**. 2 ed. New York: New York Scientific & Technical, 335p. 1986.

SANTOS, L.P.; SUN, M.A.; BOAVENTURA, N.J.; CASSADY, J.M.; OLIVEIRA, A.B. Araticulin, a bis-tetrahydrofuran polyketide from *Annona Crassiflora* seeds. **Phytochemistry**, 42: 705-707. 1996.

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

SEBBENN, A.M.; PONTINHA, A.A.S.; GIANNOTTI, E.; KAGEYAMA, P.Y. Variação genética entre e dentro de procedências e progênies de *Araucaria angustifolia* no sul do estado de São Paulo. **Revista do Instituto Florestal**, São Paulo, 15:109-124. 2003.

SEBBENN, A., FREITAS, M. L., ZANATTO, A., MORAES, E., MORAES, M. Conservação *ex situ* e pomar de sementes em banco de germoplasma de *Balfourodendron riedelianum*. **Revista do Instituto Florestal**, 19:101-112. 2007.

TELLES, M.P.C.; VALVA, F.D.; BANDEIRA, L.F.; COELHO, A.G. Caracterização genética de populações naturais de araticunzeiros (*Annona crassiflora* Mart. - Annonaceae) no Estado de Goiás. **Revista Brasileira de Botânica**, 26:123-129. 2003.

TORGGLER, M.G.F.; CONTEL, E.P.B.; TORGGLER, S.P. **Isoenzimas – Diversidade genética em plantas**. Ribeirão Preto: Sociedade Brasileira de Genética. 1995.

VANDER WALL, S.B.; LONGLAND, W.S. Diplochory: are two seed dispersers better than one? **Trends in Ecology and Evolution**, 19:155-161. 2004.

YOUNG, A.; BOYLE, T.; BROWN, T. The population genetic consequences of habitat fragmentation for plants. **Trends in Ecology & Evolution**, 11: 413-418. 1996.

## Capítulo 1. DISTRIBUIÇÃO ESPACIAL EM POPULAÇÕES NATURAIS DE *Annona crassiflora* Mart. (ARATICUM) NO BRASIL CENTRAL

### 1.1 Resumo

O mosaico vegetacional do Cerrado possui composição florística única para cada área observada. Nesse cenário é importante conhecer os padrões de distribuição de espécies arbóreas uma vez que cada população de uma mesma espécie terá peculiaridades próprias de sua área de ocorrência. O objetivo deste trabalho foi avaliar diferenças nos padrões espaciais de *Annona crassiflora* em quatro populações do Brasil Central. Para tanto foram avaliadas 95 matrizes adultas e reprodutivas em quatro localidades: Fazenda Água Limpa-DF; Sobradinho-DF; Planatina de Goiás-GO e Buritis-MG. As duas primeiras com maior nível de degradação que as demais. Cada matriz foi georreferenciada e medidas sua altura total e diâmetro a altura do peito. Foi calculado o índice de dispersão (ID) para altura e DAP das matrizes e realizado o teste de Mantel para estimar a associação entre matrizes de dissimilaridade independentes. A população de Buritis apresentou as maiores médias para altura e DAP. Já as menores médias foram encontradas na população da FAL. Os ID calculados mostraram que as populações Sobradinho e FAL possuem padrão agregado de distribuição, já as populações Buritis e Planaltina apresentaram padrão aleatório. Somente foi observada dependência espacial entre a distribuição e o DAP das matrizes da população de Buritis, com tendência de DAPs maiores mais próximos e DAPs menores mais próximos uns dos outros. Os padrões de distribuição foram relacionados com o grau de antropização das áreas mostrando efeitos negativos da degradação nas populações estudadas. O aumento da endogamia gerado pela degradação culmina na redução da diversidade genética da população.

**Palavras chave:** Cerrado, índice de dispersão, padrão de distribuição

## 1.2 Abstract

The Cerrado vegetative mosaic has a unique floristic composition for each area observed. In this scenario it is important to know the distribution patterns of tree species since each population of the same species will have peculiarities of its area of occurrence. The objective of this work was to evaluate differences in spatial patterns of *Annona crassiflora* in four populations of Central Brazil. For that, 95 adult and reproductive matrices were evaluated in four localities: Fazenda Água Limpa-DF; Sobradinho-DF; Planaltina de Goiás-GO and Buritis-MG. The first two with a higher level of degradation than the others. Each matrix was georeferenced and measured its total height and diameter at breast height. The dispersion index (ID) for height and DAP of the matrices was calculated and the Mantel test was performed to estimate the association between independent dissimilarity matrices. The population of Buritis presented the highest averages for height and DBH. The lowest mean values were found in the FAL population. The calculated IDs showed that Sobradinho and FAL populations have an aggregate distribution pattern, whereas the Buritis and Planaltina populations presented a random pattern. Only spatial dependence was observed between the distribution and DBH of the matrices of the Buritis population, with a tendency for larger larger DAPs and smaller DAPs closer to each other. The distribution patterns were related to the degree of anthropization of the areas showing negative effects of the degradation in the populations studied. The increase in inbreeding generated by the degradation culminates in the reduction of the genetic diversity of the population.

Keywords: Cerrado, dispersion index, distribution pattern

### 1.3 Introdução

A grande heterogeneidade florística do Cerrado é oriunda da interação de fatores bióticos e abióticos que não resultam em uma flora homogênea e sim um mosaico vegetacional para cada área (RIBEIRO; WALTER, 1998). Esse mosaico é fortemente afetado por fatores como clima, solo, relevo e fogo (COUTINHO, 1990), e por essa característica é importante conhecer os padrões de distribuição de espécies arbóreas uma vez que cada população de uma mesma espécie terá peculiaridades oriundas de sua área de ocorrência.

Os três tipos básicos de distribuição dentro de uma população são: aleatório ou ao acaso, uniforme ou regular e agregado, considerando uma escala micro (HAY et al., 2000). A análise da distribuição espacial de espécies vegetais nativas é primordial para entender o nível de conservação da vegetação local. Em áreas com alto grau de perturbação as espécies de estágios iniciais da sucessão ecológica tendem a apresentar um padrão de distribuição agregado (KANIESKI et al., 2012), ainda que o efeito possa ser distinto nas diferentes classes de tamanho (NASCIMENTO et al., 2001).

Para *Annona crassiflora* (Annonaceae), uma espécie arbórea e frutífera do Cerrado, o padrão de distribuição é fortemente influenciado por sua dispersão zoocórica (mamíferos). Este tipo de dispersão, implica, via de regra, num padrão aleatório ou regular de distribuição em dependência do número e espécies dos agentes dispersores. Diferentes padrões de distribuição espacial podem ser encontrados se fatores ambientais forem mais importantes no estabelecimento das plântulas ou na coorte da espécie (ROSSETO et al., 2005).

O manejo para conservação de ambientes florestais naturais requer diversas informações, dentre elas o padrão de distribuição espacial das espécies vegetais (RODE et al., 2010). Além disso, para o Cerrado, os estudos da distribuição espacial são importantes para a elaboração de estratégias de manutenção, recuperação e conservação das espécies em áreas naturais.

#### **1.4 Objetivo geral**

Caracterizar a distribuição espacial e realizar levantamento dendrométrico de *Araticum* em quatro populações naturais de diferentes regiões do Brasil Central.

##### **1.4.1 Objetivos específicos**

- Conhecer os padrões espaciais dos indivíduos de *Araticum* nas diferentes populações;
- Realizar a caracterização dendrométrica em cada população;
- Correlacionar as características dendrométricas com a distribuição espacial de *araticum*.

#### **1.5 Material e métodos**

Foram caracterizadas 95 matrizes de *Annona Crassiflora* em quatro populações nativas (Figura 1.1) no Brasil Central: Sobradinho – DF (16 matrizes), Fazenda Água Limpa – DF (26 matrizes), Planaltina – GO (23 matrizes) e Buritis – MG (30 matrizes), conforme descritas no Quadro 1.1 a seguir.

**Quadro 1.1** Descrição geográfica das áreas de amostragem de *Annona crassiflora*.

População	Latitude S	Longitude W	Área (hm <sup>2</sup> )	Distância de Brasília (km)
Sobradinho - DF	15°43'45"	47°44'32"	354	25
FAL - DF	15°56'55"	47°56'02"	434	25
Planaltina - GO	15°22'59"	47°36'30"	240	60
Buritis - MG	15°47'03"	46°35'11"	120	220

**Legenda** – S = Sul; W= Oeste.

As áreas de amostragem são diferentes entre si tanto em tamanho quanto em estado de conservação (Quadro 1.2) e podem ser assim descritas:

Sobradinho – Localizado as margens do córrego sobradinho na área do condomínio Entre Lagos na Região Administrativa do Paranoá DF. As matrizes dessa região (Figura 1.2) são remanescentes da ocupação urbana na área. São indivíduos nativos que foram preservados para compor áreas verdes e de preservação de condomínios residenciais formando assim um mosaico de habitações e pequenas áreas de cerrado nativo.

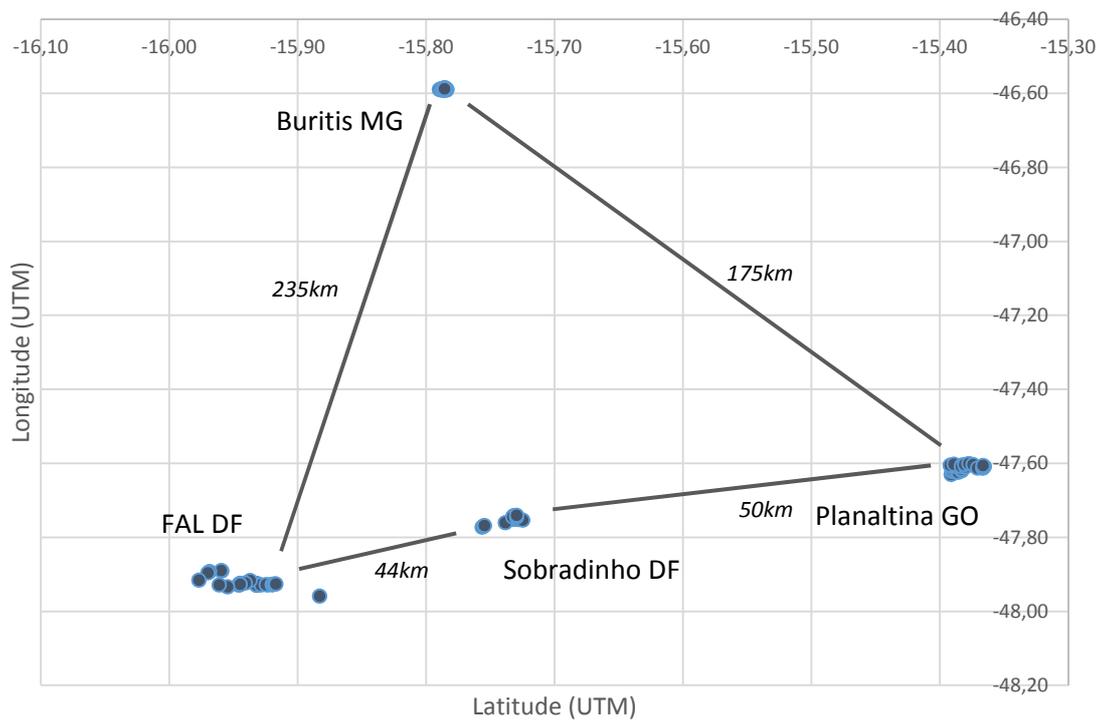
Fazenda Água Limpa – área pertencente a Universidade de Brasília. É parte integrante da Área de Proteção Ambiental (APA), Bacia do Gama, Cabeça de Veado. Semelhante a área de Buritis pois possui zona urbana próxima bem como instalações de pesquisa agropecuárias tais como pastagens e plantações de culturas agrícolas.

Buritis - As matrizes amostradas nessa área se localizam em áreas de pastagens com remanescentes de cerrado próximos. A área de coleta é toda circundada por cerrado sensu stricto o que permite boa polinização, dispersão e cruzamentos aleatórios entre as matrizes.

Planaltina – Área preservada com ocupação rural no seu entorno, principalmente pastagens.

**Quadro 1.2.** Descrição fitofisionômica, nível de conservação e situação dos arredores de quatro populações de *Annona crassiflora*.

População	Fitofisionomia	Nível de conservação	Entorno
Sobradinho - DF	Cerrado <i>sensu stricto</i>	Degradado. Área é um conjunto de remanescentes de área verde e terrenos ainda vazios. Existem trilhas que cortam a área	Residências, avenidas, espécies vegetais invasoras, entulho e lixo
FAL - DF	Cerrado <i>sensu stricto</i>	Conservado. Área destinada a pesquisa e conservação. Possui estradas e edificações em seu interior gerando descontinuidade da vegetação	Divisa com áreas residenciais e estradas
Planaltina - GO	Cerrado <i>sensu stricto</i>	Conservado. Vegetação contínua remanescente	Área circundada por pastagens.
Buritis - MG	Cerrado <i>sensu stricto</i>	Conservado. Vegetação contínua remanescente	Área com plantações e estradas ao redor



**Figura 1.1.** Distribuição espacial das 4 populações amostradas de *Annona crassiflora*.



**Figura 1.2.** Exemplar de matriz de *Annona crassiflora* abordada no presente estudo. Matriz localizada na zona rural do condomínio Entre Lagos DF, próximo ao córrego Sobradinho. Fonte: Arquivo pessoal.

O diâmetro a altura do peito (DAP) e a altura foram medidos para todas as matrizes de *A. crassiflora*. Na medição da altura foi utilizada uma vara graduada com 3 metros de comprimento e nas medidas de circunferência a altura do peito (CAP) foi usada uma fita métrica com 1,5 metros de comprimento com posterior transformação dos dados para diâmetro, onde:

$$DAP = CAP/\pi$$

As distribuições de altura e do diâmetro foram analisadas em gráficos de histograma de frequência. Para análise da distribuição espacial da espécie de todos os indivíduos amostrados foi utilizado o índice abaixo:

Razão variância/média: também chamado índice de dispersão (ID) (PERRY; MEAD, 1979), expresso pela equação:

$$ID = \frac{s^2}{m}$$

onde

$s^2$ : variância amostral;

$m$ : média amostral.

Esse índice baseia-se na razão variância/média amostral através das hipóteses do modelo de Poisson (MARTINS, 2008). Se o valor for igual a 1, a variância é igual à média e o padrão é aleatório (ao acaso). Sendo menor do que 1, a variância é menor do que a média e o padrão é regular (homogêneo). Para testar se o valor encontrado para o índice ID foi significativamente diferente de 1, utilizou-se o cálculo do intervalo de confiança (SOKAL; ROHLF, 2000), conforme a equação:

$$IC_{ID} = ID \pm t_{(n-1;0,05)} * \frac{s}{\sqrt{\bar{x}}}$$

onde  $IC_{ID}$  é o intervalo de confiança de 95% da estimativa de  $ID$ ;

$ID$  é a estimativa obtida;

$t_{(n-1;0,05)}$  é o valor tabelado da estatística t para n-1 graus de liberdade e

$\alpha = 5\%$  e  $s$  é o erro padrão da média  $\bar{x}$ .

A regra decisória utilizada foi: se o IC sobrepuser a 1, o padrão é interpretado como sendo aleatório. Se não se sobrepuser a 1, o padrão pode ser regular, quando menor do que 1, ou agregado quando for maior do que 1.

Utilizou-se o teste de Mantel, através do programa *Passage 2*, este teste é usado para estimar a associação entre matrizes de dissimilaridade independentes e testar se a associação é maior do que a esperada ao acaso (SOKAL; ROHLF, 2000).

Cada matriz de *A. crassiflora* foi demarcada de acordo com sua localização geográfica por meio de um aparelho GPS (*Global Positioning System*) marca Garmin modelo GPSMAP.

## 1.6 Resultados

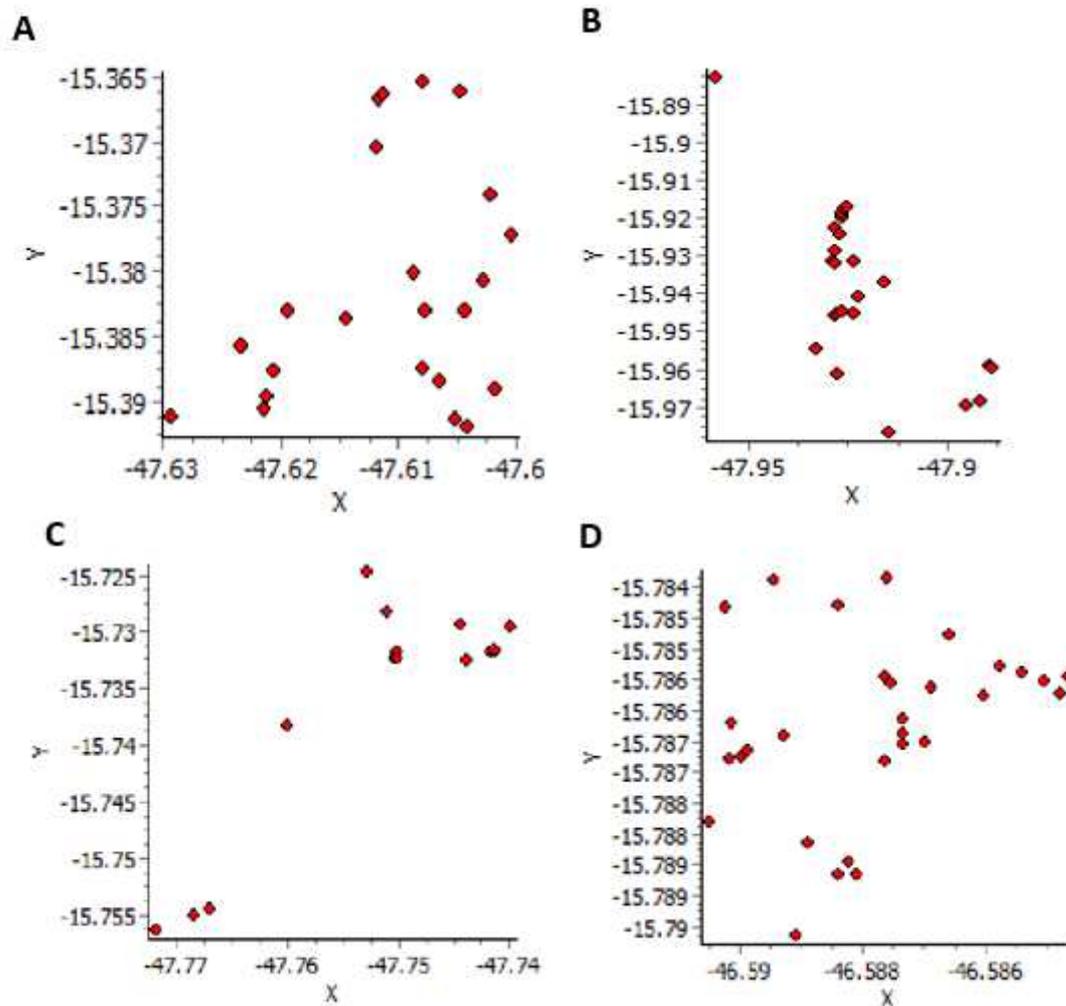
Os dados do georreferenciamento e das características dendrométricas das matrizes (Altura e DAP) estão apresentados na Tabela 1.1 e Figura 1.3. Observa-se que a população de Sobradinho – DF ficou compreendida entre a longitude -47,78 a -47,74 UTM e latitude entre -15,655 a -15,720 UTM. A limitação geográfica da população da FAL – DF foi entre a longitude -47,96 a -47,89 UTM e latitude -15,98 a -15,88 UTM. Já a população de Planaltina de GO ficou com longitude entre -47,62 e -47,60 UTM e latitude entre -15,395 e -15,365 UTM. A população de Buritis – MG apresentou longitude de -46,592 a -46,584 UTM e latitude de -15,791 a -15,783 UTM.

**Tabela 1.1.** Data de coleta, localização geográfica (latitude e longitude em graus) e características dendrométricas (Altura – Ht e Diâmetro da altura do peito - DAP) de 95 matrizes de *Annona crassiflora* em quatro populações nativas no Brasil Central. As populações são: 1: Sobradinho – DF, 2: Fazenda Água Limpa – DF, 3: Planaltina – GO e 4: Buritis – MG.

Matriz	População	Data de coleta	Latitude		Longitude		Ht (m)	DAP (cm)
1	1	24/03/2017	15° 45'	23"	47° 46'	18,5"	6	34
2	1	24/03/2017	15° 45'	18,1"	47° 46'	6,4"	7	30
3	1	24/03/2017	15° 45'	16,2"	47° 46'	1"	5,5	38
4	1	24/03/2017	15° 43'	54,1"	47° 45'	0,5"	6	27
5	1	24/03/2017	15° 43'	56,6"	47° 45'	1"	3	15
6	1	24/03/2017	15° 43'	56,6"	47° 45'	0,2"	6,5	40
7	1	24/03/2017	15° 43'	41,4"	47° 45'	3,6"	6	30
8	1	24/03/2017	15° 43'	28,9"	47° 45'	10,1"	4,7	22
9	1	24/03/2017	15° 44'	17,7"	47° 45'	35,7"	4	21
10	1	24/03/2017	15° 43'	54,3"	47° 44'	28,9"	4	13
11	1	24/03/2017	15° 43'	53,7"	47° 44'	28,7"	3	21
12	1	24/03/2017	15° 43'	54,3"	47° 44'	29,9"	3,2	18
13	1	24/03/2017	15° 43'	53,8"	47° 44'	29,9"	3,3	22
14	1	24/03/2017	15° 43'	56,8"	47° 44'	37,7"	4,7	31
15	1	24/03/2017	15° 43'	45,9"	47° 44'	39,6"	4	28
16	1	24/03/2017	15° 43'	46,1"	47° 44'	23,5"	6	35
17	2	03/03/2017	15° 55'	54,2"	47° 55'	25,1"	3,5	13
18	2	03/03/2017	15° 55'	54,9"	47° 55'	42,3"	5	20
19	2	03/03/2017	15° 55'	54"	47° 55'	42,6"	6,5	20
20	2	03/03/2017	15° 55'	42,4"	47° 55'	41"	4	25
21	2	03/03/2017	15° 55'	22,4"	47° 55'	41,3"	4	20
22	2	03/03/2017	15° 55'	28,2"	47° 55'	37,9"	3	20
23	2	03/03/2017	15° 55'	10,6"	47° 55'	35,6"	7,5	40
24	2	03/03/2017	15° 55'	10,8"	47° 55'	35,5"	4	20
25	2	03/03/2017	15° 55'	8,3"	47° 55'	35,2"	4	18
26	2	03/03/2017	15° 55'	3,5"	47° 55'	32,2"	4	25
27	2	03/03/2017	15° 55'	1,5"	47° 55'	30,8"	5	41
28	2	03/03/2017	15° 57'	32,6"	47° 53'	22,1"	4,5	25
29	2	03/03/2017	15° 57'	34,7"	47° 53'	19,9"	5	22
30	2	03/03/2017	15° 58'	6,5"	47° 53'	30,8"	6	24
31	2	03/03/2017	15° 58'	11,3"	47° 53'	43,3"	3,5	19
32	2	03/03/2017	15° 58'	36,6"	47° 54'	52,8"	3	23
33	2	03/03/2017	15° 56'	42,4"	47° 55'	23,7"	5	20
34	2	03/03/2017	15° 56'	13"	47° 54'	57,4"	5	24
35	2	03/03/2017	15° 56'	26,9"	47° 55'	20,8"	4,5	17
36	2	03/03/2017	15° 56'	43,6"	47° 55'	39"	4	26
37	2	03/03/2017	15° 56'	45,4"	47° 55'	40,4"	7	50
38	2	03/03/2017	15° 56'	41"	47° 55'	35,1"	4,7	31
39	2	03/03/2017	15° 56'	41,4"	47° 55'	35,2"	3	26
40	2	03/03/2017	15° 52'	58,1"	47° 57'	29,1"	4	23
41	2	03/03/2017	15° 57'	16,1"	47° 55'	57,6"	6	60
42	2	03/03/2017	15° 57'	39,9"	47° 55'	38,8"	3,5	20
43	3	11/03/2017	15° 23'	28,1"	47° 37'	9,2"	5,7	37
44	3	11/03/2017	15° 23'	23"	47° 37'	16,9"	4,7	31
45	3	11/03/2017	15° 23'	22,2"	47° 37'	15,9"	3,9	28
46	3	11/03/2017	15° 23'	15,4"	47° 37'	14,1"	5,1	27
47	3	11/03/2017	15° 23'	8,6"	47° 37'	23,5"	5,6	22

Matriz	População	Data de coleta	Latitude	Longitude	Ht (m)	DAP (cm)
48	3	11/03/2017	15° 22' 59"	47° 37' 9,3"	3,5	22
49	3	11/03/2017	15° 23' 1,1"	47° 36' 52,1"	4,1	25
50	3	11/03/2017	15° 23' 14,8"	47° 36' 28,2"	5,9	33
51	3	11/03/2017	15° 23' 18,7"	47° 36' 23,3"	7	33
52	3	11/03/2017	15° 23' 28,8"	47° 36' 18,5"	6,5	41
53	3	11/03/2017	15° 23' 30,8"	47° 36' 14,5"	2,9	36
54	3	11/03/2017	15° 23' 20,1"	47° 36' 6,5"	4,1	38
55	3	11/03/2017	15° 22' 59,1"	47° 36' 15,6"	4,7	37
56	3	11/03/2017	15° 22' 59,2"	47° 36' 27,4"	5,2	42
57	3	11/03/2017	15° 22' 48,2"	47° 36' 31,2"	4,2	42
58	3	11/03/2017	15° 22' 50,5"	47° 36' 10,1"	4,6	38
59	3	11/03/2017	15° 22' 38,4"	47° 36' 1,3"	4,5	17
60	3	11/03/2017	15° 22' 27"	47° 36' 7,7"	4	26
61	3	11/03/2017	15° 22' 14,1"	47° 36' 42,7"	6	45
62	3	11/03/2017	15° 22' 0,2"	47° 36' 41,9"	4,7	31
63	3	11/03/2017	15° 21' 59,1"	47° 36' 40,3"	3	26
64	3	11/03/2017	15° 21' 55,7"	47° 36' 28,4"	5	33
65	3	11/03/2017	15° 21' 58,6"	47° 36' 17"	6	40
66	4	31/03/2017	15° 47' 17,3"	46° 35' 20"	4	32
67	4	31/03/2017	15° 47' 19,1"	46° 35' 18,2"	5	34
68	4	31/03/2017	15° 47' 18,4"	46° 35' 17,6"	4,7	36
69	4	31/03/2017	15° 47' 19,2"	46° 35' 17,2"	5,2	34
70	4	31/03/2017	15° 47' 22,7"	46° 35' 20,7"	5,7	37
71	4	31/03/2017	15° 47' 16,1"	46° 35' 25,8"	4,7	31
72	4	31/03/2017	15° 47' 12,4"	46° 35' 24,6"	3,9	28
73	4	31/03/2017	15° 47' 12,3"	46° 35' 23,9"	5,1	27
74	4	31/03/2017	15° 47' 11,9"	46° 35' 23,5"	5,6	22
75	4	31/03/2017	15° 47' 11,1"	46° 35' 21,4"	3,5	22
76	4	31/03/2017	15° 47' 10,3"	46° 35' 24,5"	4,1	25
77	4	31/03/2017	15° 47' 3,6"	46° 35' 24,9"	4,2	19
78	4	31/03/2017	15° 47' 2"	46° 35' 22"	5,4	26
79	4	31/03/2017	15° 47' 3,5"	46° 35' 18,2"	4,3	39
80	4	31/03/2017	15° 47' 1,9"	46° 35' 15,4"	6	43
81	4	31/03/2017	15° 47' 5,2"	46° 35' 11,7"	6	31
82	4	31/03/2017	15° 47' 7,7"	46° 35' 15,5"	4,8	27
83	4	31/03/2017	15° 47' 8"	46° 35' 15,1"	6	40
84	4	31/03/2017	15° 47' 10,1"	46° 35' 14,4"	6,2	29
85	4	31/03/2017	15° 47' 11"	46° 35' 14,4"	6,4	41
86	4	31/03/2017	15° 47' 11,6"	46° 35' 14,4"	5,3	27
87	4	31/03/2017	15° 47' 12,5"	46° 35' 15,5"	5,2	32
88	4	31/03/2017	15° 47' 11,4"	46° 35' 13,1"	7	33
89	4	31/03/2017	15° 47' 8,8"	46° 35' 9,7"	6,5	41
90	4	31/03/2017	15° 47' 7,4"	46° 35' 7,4"	2,9	36
91	4	31/03/2017	15° 47' 7,9"	46° 35' 6,1"	4,1	38
92	4	31/03/2017	15° 47' 8,6"	46° 35' 5,2"	4,7	37
93	4	31/03/2017	15° 47' 7,6"	46° 35' 4,7"	5,2	42
94	4	31/03/2017	15° 47' 7"	46° 35' 8,7"	4,2	42
95	4	31/03/2017	15° 47' 8,3"	46° 35' 12,8"	5,1	31

**Legenda** – Ht= Altura total; DAP = Diâmetro a altura do peito.



**Figura 1.3.** Padrão de distribuição geográfica em UTM das 95 matrizes de *A. crassiflora* em quatro populações nativas do Brasil Central: Sobradinho – DF (16 matrizes) (A), FAL – DF (26 matrizes) (B), Planaltina – GO (23 matrizes) (C) e Buritis – MG (30 matrizes) (D). X = Longitude; Y = Latitude.

As estimativas das características altura (m) e diâmetro à altura do peito - DAP (cm) para cada população são apresentados de forma descritiva na Tabela 1.2. Observa-se que a população de Buritis apresentou as matrizes com maior altura média e DAP médio. Já a população da FAL foi a que apresentou as matrizes com menor altura média e DAP médio também.

**Tabela 1.2.** Estimativas das características altura (m) e diâmetro à altura do peito (cm) das 95 matrizes de *Annona crassiflora* em quatro populações nativas no Brasil Central.

População		Média	Desvio Padrão	Mínimo	Máximo
Sobradinho - DF	Altura (m)	5,006	1,360	3,20	7,30
	DAP (cm)	8,456	2,569	4,10	12,70
FAL - DF	Altura (m)	4,804	1,270	3,00	7,50
	DAP (cm)	8,238	3,389	4,10	19,10
Planaltina - GO	Altura (m)	4,822	1,067	2,90	7,00
	DAP (cm)	10,391	2,387	5,40	14,30
Buritis - MG	Altura (m)	5,110	1,047	2,90	7,40
	DAP (cm)	10,433	2,103	6,10	13,70

As matrizes amostradas foram agrupadas em 5 classes dendrométricas para a variável altura (Tabela 1.3). A distribuição das alturas nas classes delimitadas variou de acordo com a população, porém mais de 60% das matrizes apresentaram altura nas classes intermediárias (3,5 |— 4,5 e 4,5 |— 5,5) nas populações FAL, Planaltina e Buritis, respectivamente.

**Tabela 1.3.** Classes de Altura (m) das 95 matrizes de *Annona crassiflora* em quatro populações nativas no Brasil Central.

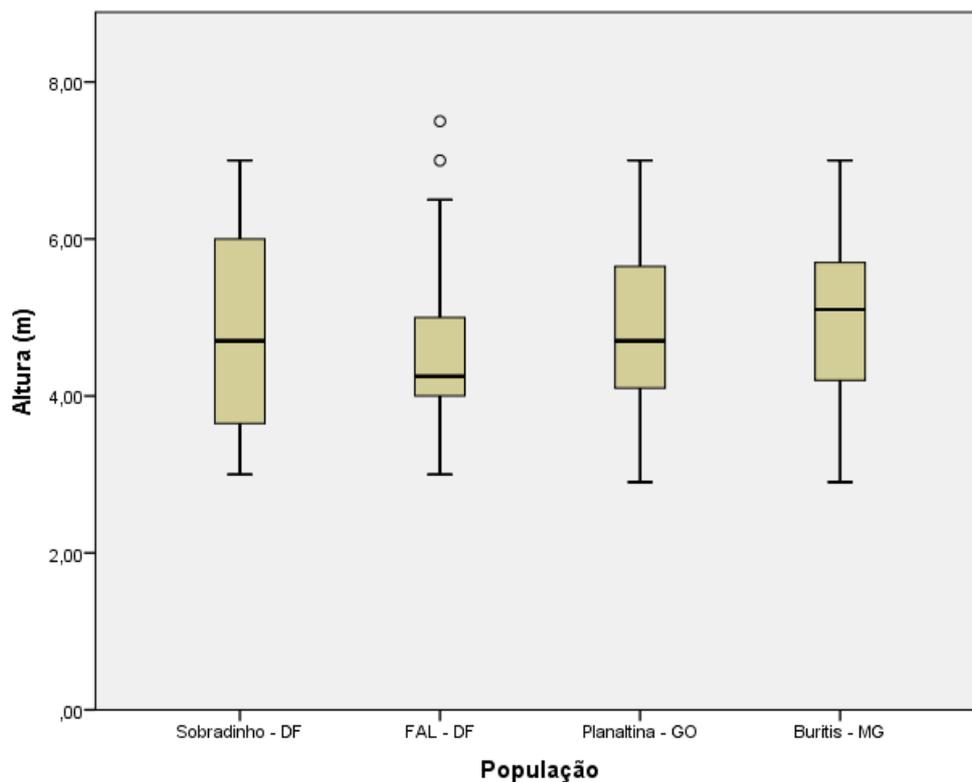
Classe (m)	Sobradinho	FAL	Planaltina	Buritis
2,5  – 3,5	4 (25,0)	3 (11,5)	2 (8,7)	1 (3,3)
3,5  – 4,5	3 (18,8)	10 (38,5)	6 (26,1)	8 (26,7)
4,5  – 5,5	2 (12,5)	8 (30,8)	8 (34,8)	12 (40,0)
5,5  – 6,5	5 (31,2)	2 (7,7)	5 (21,7)	7 (23,3)
≥ 6,5	2 (12,5)	3 (11,5)	2 (8,7)	2 (6,7)
Total	16	26	23	30

**Legenda:** Valores entre parênteses = percentual de matrizes na classe para cada população.

A análise de variância para as características das matrizes foi realizada a fim de avaliar se havia diferença estatística significativa dos dados das características dendrométricas entre as 4 populações amostradas. Para a variável dependente Altura (m), o teste de Levene para homogeneidade das variâncias obteve p-valor = 0,201, ou seja, não se rejeita a hipótese nula de homogeneidade das variâncias. Embora a média da altura das matrizes da FAL – DF tenha sido menor, essa diferença não foi significativa (Figura 1.4). O resultado do teste F foi p-valor = 0,530, o que indica que estatisticamente não houve diferença entre as populações de *A. crassiflora* em relação à variável altura (Tabela 1.4).

**Tabela 1.4.** Análise de Variância para a variável dependente Altura (m) comparando as quatro populações de *A. crassiflora* no Brasil Central.

	Soma dos Quadrados	df	Quadrado Médio	F	Sig.
Entre Grupos	2,809	3	0,936	0,741	0,530
Nos grupos	115,029	91	1,264		
Total	117,838	94			



**Figura 1.4.** Box plot da variável altura (m) das matrizes de *A. crassiflora* em quatro populações do Brasil Central.

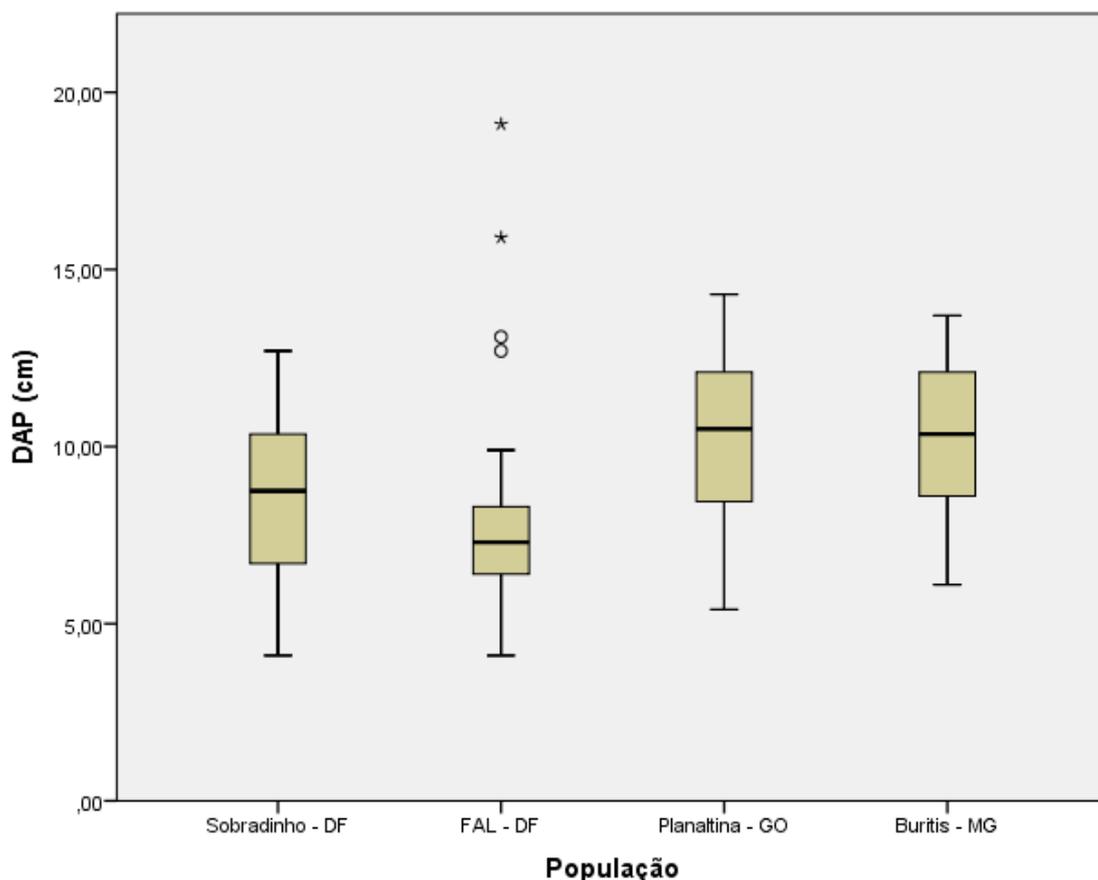
Já para a variável dependente Diâmetro a altura do peito (cm), o teste de Levene também não rejeitou a hipótese nula de homogeneidade das variâncias (p-valor = 0,662). Isso significa que o modelo proposto é adequado para os dados em questão.

O resultado do teste F foi p-valor = 0,003, o que indica que estatisticamente houve diferença ao nível de significância de 5% entre as populações de *A. crassiflora* do Brasil central em relação à variável DAP (Tabela 1.5). O teste Post Hoc de Tukey foi utilizado para avaliar quais populações eram diferentes entre si. Observa-se que o DAP das matrizes da FAL - DF apresentaram a menor média com diferença estatisticamente

significativa entre os DAPs das matrizes de Planaltina – Go e Buritis – MG. Os dados do DAP da FAL - DF não diferiram estatisticamente dos dados de Sobradinho – DF (Figura 1.5).

**Tabela 1.5.** Análise de Variância para a variável dependente Diâmetro da altura do peito (cm) comparando as 4 populações de *A. crassiflora* em quatro populações nativas do Brasil Central.

	Soma dos Quadrados	df	Quadrado Médio	F	Sig.
Entre Grupos	103,204	3	34,401	4,892	0,003
Nos grupos	639,886	91	7,032		
Total	743,089	94			



**Figura 1.5.** Box plot da variável Diâmetro da altura do peito (cm) das matrizes de *A. crassiflora* em quatro populações do Brasil Central.

Como observado na Tabela 1.6, vemos que a população de Sobradinho e FAL apresentaram índice significativamente diferente de 1, p-valor < 0,001 e p-valor = 0,01797 respectivamente, o que indica um padrão agregado dos indivíduos dessas áreas de coleta. Já as populações de Planaltina e Buritis apresentam índice de distribuição próximo a um, p-valor > 0,05 (não foi significativamente diferente de um), o que indica um padrão de distribuição aleatório dos indivíduos dessas áreas. As populações de Sobradinho e FAL apresentaram maior descontinuidade da vegetação visto que apresentavam condomínios habitacionais próximos às áreas de cerrado. Já as áreas de Planaltina e Buritis apresentaram vegetação mais preservada e menos moradias nas redondezas, o que pode explicar a distribuição mais agregada nas áreas mais antropizadas/descontínuas.

**Tabela 1.6.** Índice de dispersão quatro populações nativas de *Annona crassiflora* no Brasil Central.

População	Índice de Dispersão	p-valor
Sobradinho - DF	4,26	< 0,001
FAL - DF	1,68	0,018
Planaltina - GO	1,29	0,147
Buritis - MG	1,45	0,056

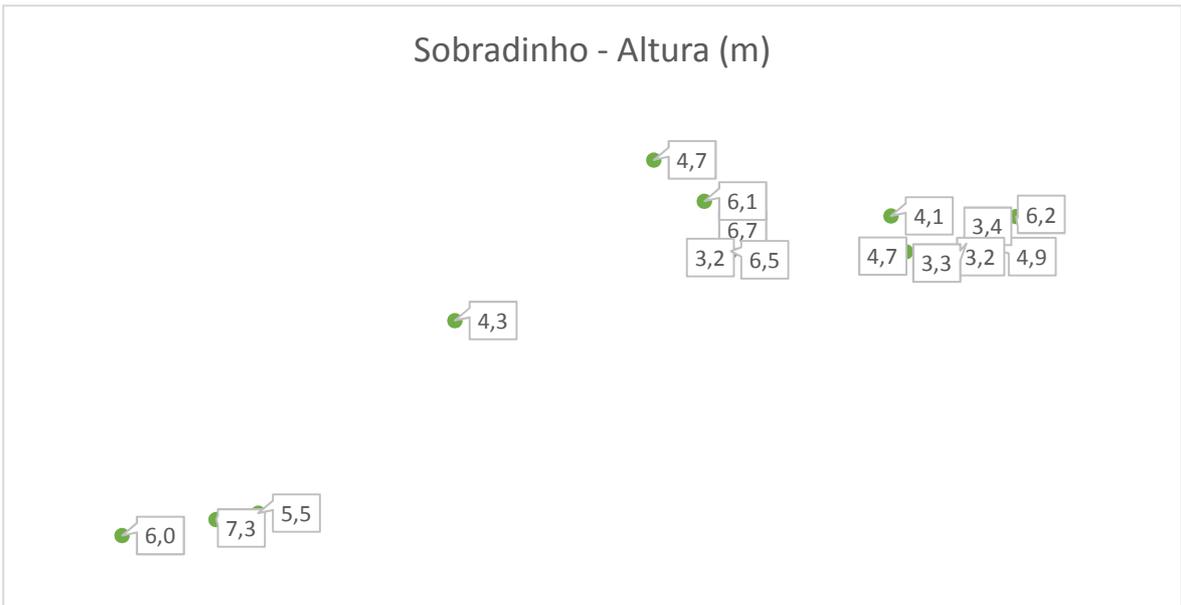
Também foi avaliada a correlação entre a distribuição espacial e as características altura e DAP das matrizes nas quatro populações estudadas. A dependência espacial foi medida pelo teste de Mantel utilizando o software Passage 2. Calcula-se uma matriz de distâncias euclidianas para os pontos geográficos e as alturas e DAPs para avaliar se existe associação entre as matrizes de distância geográfica x altura e geográfica x DAP (Tabela 1.7).

Somente foi observada dependência espacial entre a distribuição e o DAP das matrizes da população de Buritis. As matrizes de Buritis foram distribuídas significativamente em relação ao DAP, com tendência de DAPs maiores mais próximos e DAPs menores mais próximos uns dos outros. Esse é um padrão esperado tendo em vista que *A. crassiflora* apresenta dispersão zoocórica. Como as outras populações tem maior interferência humana, esse padrão pode não ter sido observado por causa dessa interferência.

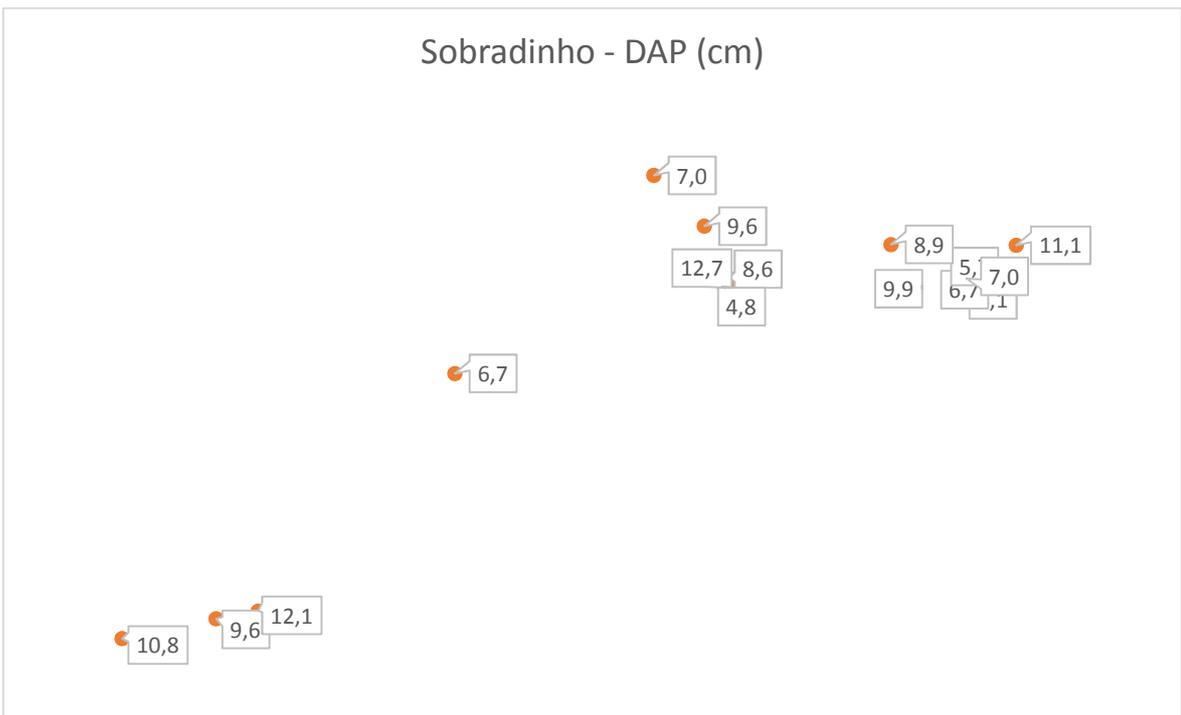
**Tabela 1.7.** Teste de Mantel de dependência espacial para quatro populações nativas de *Annona crassiflora* no Brasil Central.

População	Distribuição x Altura			Distribuição x DAP		
	Teste de Mantel	Correlação	p-valor	Teste de Mantel	Correlação	p-valor
Sobradinho - DF	0,9291	0,0984	0,3528	0,2494	0,0306	0,5985
FAL - DF	-0,7414	-0,0792	0,2292	-0,8698	-0,1214	0,1922
Planaltina - GO	-1,0833	-0,0881	0,1393	-0,1138	-0,0087	0,1909
Buritis - MG	-1,1199	-0,0839	0,2628	4,0614	0,2707	0,0001

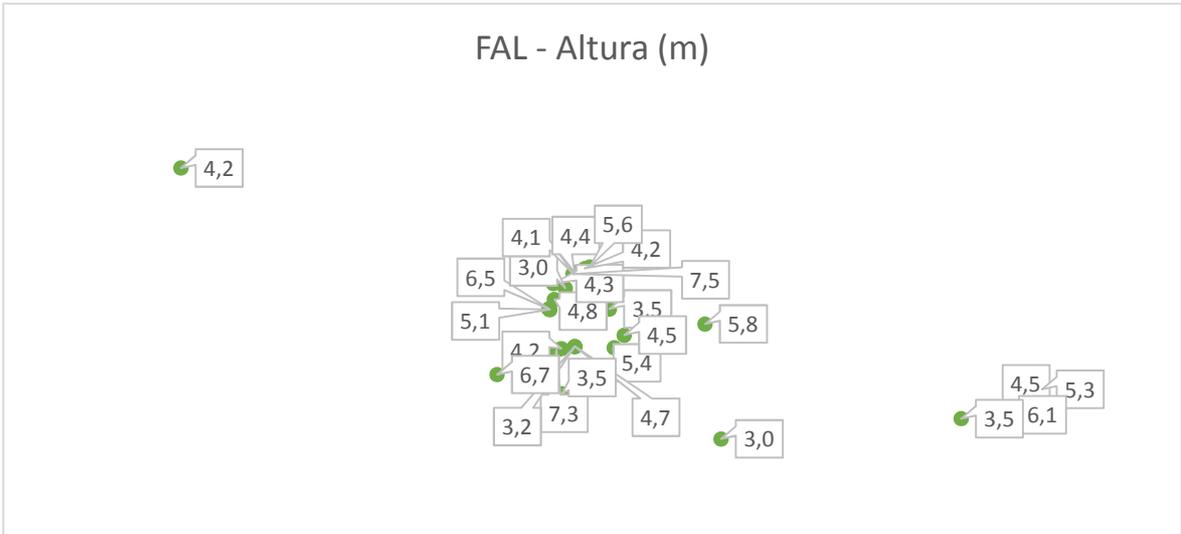
A distribuição das matrizes de acordo com as características de altura e DAP é apresentada nas Figuras 1.6 a 1.13 para as quatro populações amostradas neste estudo.



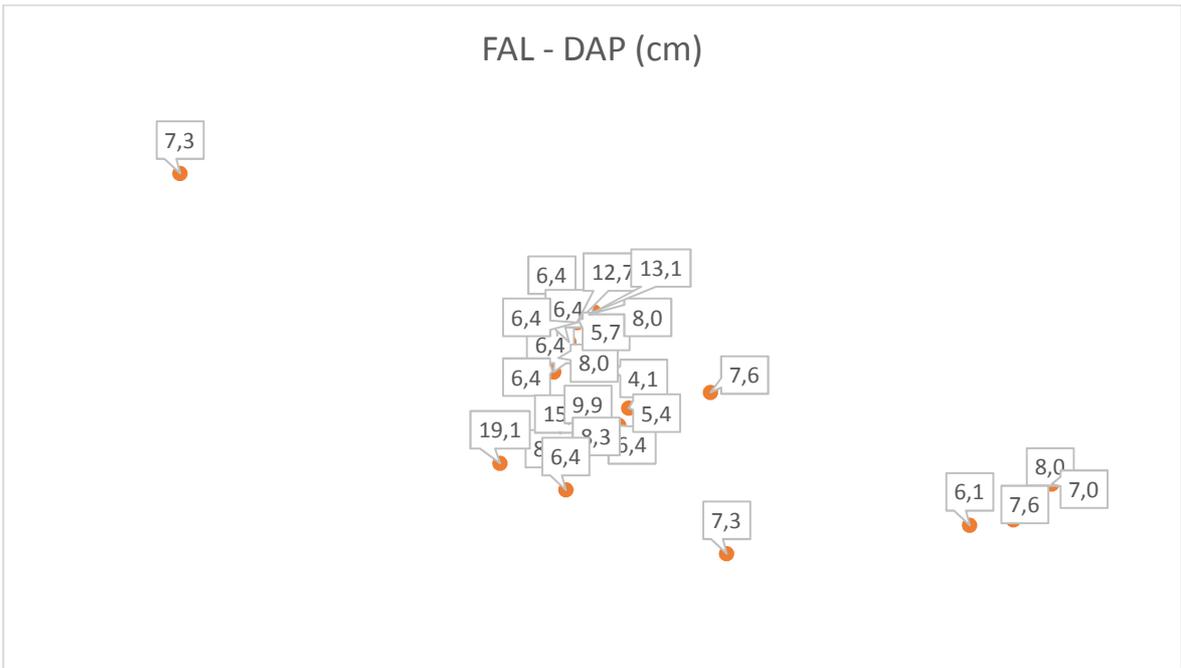
**Figura 1.6.** Distribuição da altura (m) de 16 matrizes de *Annona crassiflora* na população de Sobradinho - DF.



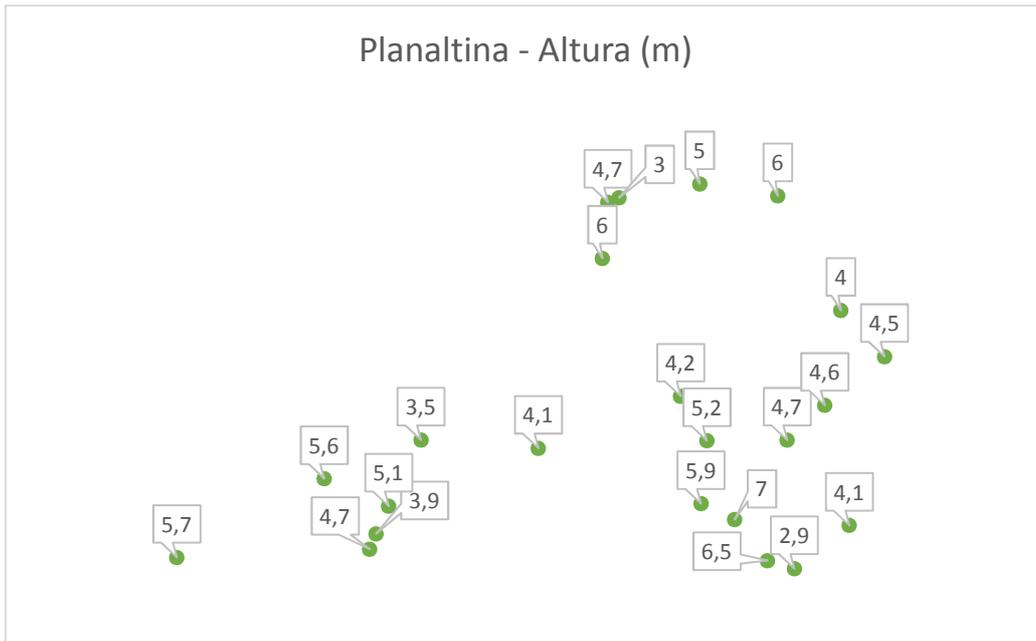
**Figura 1.7.** Distribuição do diâmetro à altura do peito (cm) de 16 matrizes de *Annona crassiflora* na população de Sobradinho - DF.



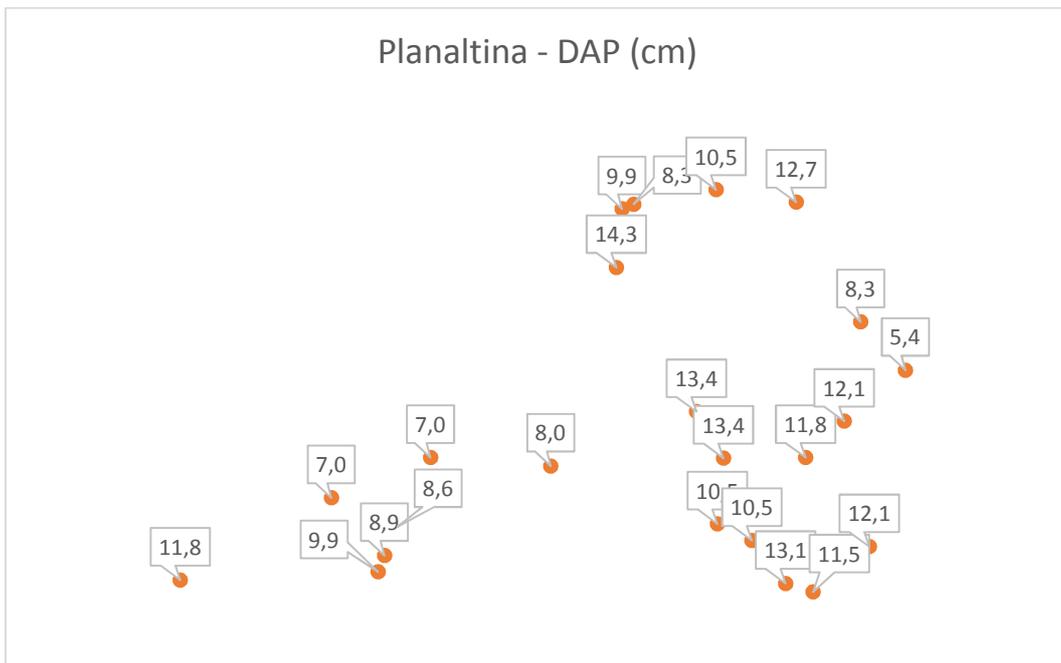
**Figura 1.8.** Distribuição da altura (m) de 26 matrizes de *Annona crassiflora* na população da Fazenda Água Limpa - DF.



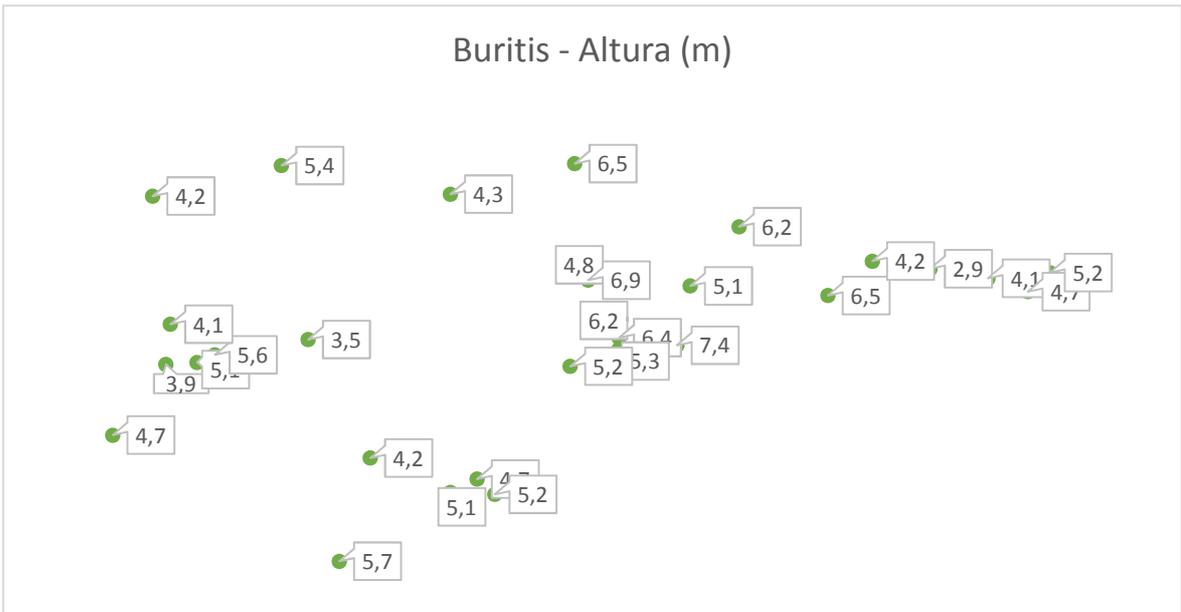
**Figura 1.9.** Distribuição do diâmetro à altura do peito (cm) de 26 matrizes de *Annona crassiflora* na população da Fazenda Água Limpa - DF.



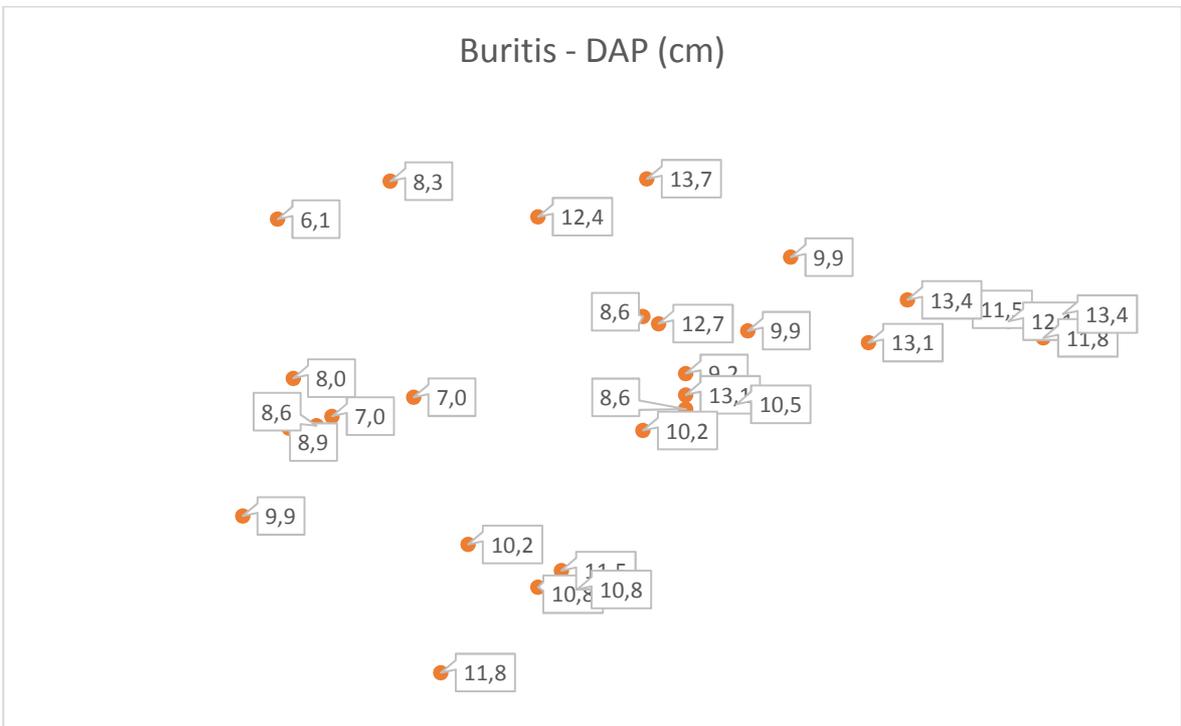
**Figura 1.10.** Distribuição da altura (m) de 23 matrizes de *Annona crassiflora* na população de Planaltina – GO.



**Figura 1.11.** Distribuição do diâmetro à altura do peito (cm) de 23 matrizes de *Annona crassiflora* na população de Planaltina – GO.



**Figura 1.12.** Distribuição da altura (m) de 30 matrizes de *Annona crassiflora* na população de Buritis – MG.



**Figura 1.13.** Distribuição do diâmetro à altura do peito (cm) de 30 matrizes de *Annona crassiflora* na população de Buritis - MG.

## 1.7 Discussão

Indivíduos jovens ou menores, geralmente, apresentam padrões agregados, enquanto os indivíduos adultos ou maiores, geralmente apresentam padrões aleatórios (CONDIT et al., 2000). Neste estudo, coletou-se dados principalmente de indivíduos adultos, onde padrões aleatórios seriam esperados. Mas observa-se que, em áreas mais degradadas (Sobradinho e FAL), esse padrão não foi identificado, mostrando que fatores antrópicos foram mais preponderantes na distribuição espacial, em relação aos fatores de sucessão ecológica em cerrado *sensu stricto*.

Outro ponto a ser levantado é a ausência de indivíduos de *A. crassiflora* nas proximidades das matrizes coletadas nas áreas com maior antropização. Como a metodologia utilizada preconiza uma distância mínima de 50 metros entre matrizes amostradas foi necessária cautela ao evitar indivíduos próximos aos já amostrados nas áreas de Planaltina e Buritis. Tal cautela não foi necessária nas áreas de Sobradinho e FAL, uma vez que não haviam indivíduos próximos.

Ao passo em que ambientes preservados propiciam interações positivas entre espécies vegetais e seus polinizadores/dispersores (continuidade da vegetação, diversidade de espécies, micro-habitat/climas e diversidade genética para cruzamentos não aparentados), ambientes degradados e antropizados perdem estas características e passam a propiciar maior nível de endogamia. Este aumento de cruzamentos entre indivíduos aparentados reduz a adaptabilidade das populações em questão uma vez que o “pool” gênico é

menor a cada geração, acarretando menor valor adaptativo dos indivíduos e menor taxa de reprodução (FRANKHAM et al., 2008).

Mesmo com todas as adversidades oriundas da antropização/degradação a existência de fragmentos florestais pode ser sustentada uma vez que os polinizadores e dispersores são capazes de transportar uma grande quantidade de pólen e sementes a longas distâncias (HARDESTY et al., 2006). Dessa forma, podendo conectar os fragmentos próximos e favorecer a colonização de novas áreas

Em se tratando de populações nativas, a distribuição espacial é fortemente influenciada por ações humanas, o que acaba interferindo em todo ciclo reprodutivo da espécie e, conseqüentemente, na sua diversidade genética. Além de modificações na estrutura da vegetação, ambientes degradados podem alterar a distribuição espacial de espécies e podem influenciar também, nas rotas dos dispersores e polinizadores. Sendo assim, as práticas para recuperação de áreas degradadas com essa espécie e o manejo para o uso da mesma deve ser planejado de acordo com o estado de conservação de cada área, como mostrado no trabalho de Meira Junior et al. (2017). Conhecer o padrão de distribuição espacial das espécies nativas do Cerrado ajuda a compreender os processos sucessionais e ecológicos, e propicia maior segurança para se adotar medidas de manejo para conservação da vegetação (RODE et al., 2010).

## 1.8 Conclusão

Foi observado padrão agregado nos indivíduos das populações FAL e Sobradinho e padrão aleatório nos indivíduos das populações Buritis e Planaltina. O porte (altura e DAP) dos indivíduos mostrou tendência uniforme com pouca variação. O DAP dos indivíduos da população Buritis mostrou dependência com relação a sua distribuição espacial.

Este capítulo mostrou diferenças nas características das matrizes de *A. crassiflora* relacionadas ao padrão espacial, o que indica que a espécie é influenciada pelas condições do meio o que pode gerar mudanças na diversidade genética dos indivíduos.

## 1.9 Referências Bibliográficas

CONDIT, R.; ASHTON, P.S.; BAKER, P.; BUNYAVEJCHEWIN, S.; GUNATILLEKE, S.; GUNATILLEKE, N.; HUBBELL, S.P.; FOSTER, R. B.; ITOH, A.; LAFRANKIE, J. V.; LEE H. S.; LOSOS E.; MANOKARAN N.; SUKUMAR R.; YAMAKURA T. Spatial Patterns in the Distribution of Tropical Tree Species. **Science**, 288: 1414–1418. 2000.

COUTINHO, L.M. Fire in the ecology of the Brazilian Cerrado. **Ecological Studies**, 84:82-105. 1990.

FRANKHAM, R.; BALLOU, J.D.; BRISCOE, D.A. **Fundamentos de Genética da Conservação**. Ribeirão Preto, SP: SBG – Sociedade Brasileira de Genética. 2008.

HARDESTY, B.D.; HUBBELL, S.P.; BERMINGHAM, E. Genetic evidence of frequent long-distance recruitment in a vertebrate dispersed tree. **Ecology Letters**, 9:516–525. 2006.

HAY, J.D.; BEZERRIL, M.X.; CALOURO, A.M.; COSTA, E.M.N.; FERREIRA, A.A.; GASTAL, M.L.A.; GOES JUNIOR, C.D.; MANZAN D.J.; MARTINS, C.R.; MONTEIRO, J.M.G.; OLIVEIRA, S.A.; RODRIGUES, M.C.M.; SEYFFARTH, J.A.S.; WALTER, B.M.T. Comparação do padrão espacial em escalas diferentes de espécies nativas do cerrado, em Brasília, DF. **Revista Brasileira de Botânica**, 23:341-347. 2000.

KANIESKI, M.R.; LONGHI, S.J.; NARVAES, I. S.; SOARES, P.R.C.; LONGHI-SANTOS, T.; CALLEGARO, R.M. Diversidade e padrões de distribuição espacial de espécies no estágio de regeneração natural em São Francisco de Paula, RS, Brasil. **Floresta**, 42: 509-518. 2012.

MARTINS, G. A. **Estatística geral e aplicada**. 3.ed, São Paulo: Atlas, 2008.

MEIRA JUNIOR, M.S.; MOTA, S.L.L.; MACHADO, E.L.M.; PEREIRA, I.M. Distribuição espacial de *Eremanthus incanus* (Less.) Less. (Asteraceae) em duas áreas com diferentes níveis de conservação. **Revista brasileira Biociências**, 15:27-31. 2017.

NASCIMENTO, A.R.T.S., LONGHI, J.; BRENA, D. A. 2001. Estrutura e Padrões de Distribuição Espacial de Espécies Arbóreas em uma Amostra de Floresta Ombrófila Mista em Nova Prata, RS. **Ciência Florestal**, 11: 105–119. 2001.

PERRY, J.N.; MEAD, R. On the power of the index of dispersion test to detect spatial pattern. **Biometrics**, 35:613-622. 1979.

RIBEIRO, J.F.; WALTER, B.M.T. **Fitofisionomias do Bioma Cerrado**. In: SANO, M.S.; ALMEIDA, S.P. (eds.) Cerrado: ambiente e flora. Planaltina: EMBRAPA/CPAC. 1998.

RODE, R.; FIGUEIREDO FILHO, A., MACHADO, S. A.; GALVÃO, F. Análise do padrão espacial de espécies e de grupos florísticos estabelecidos em um povoamento de *Araucaria angustifolia* em uma floresta ombrófila mista no Centro-Sul do Paraná. **Floresta**, 40: 255–268. 2010.

ROSSETO, V.; ARAÚJO, J.S.; SFAIR, J.C.; LATINI, A.O. **Avaliação da distribuição espacial de espécies arbóreas em um fragmento de Cerrado do município de Itirapina, SP**. 2005. Disponível em: <http://www.ib.unicamp.br/profs/fsantos/ecocampo/ne211/2005/R2-b.pdf>. Acesso em: 15/01/2018.

SOKAL, R.R.; ROHLF, F.J. 2000. **Biometry – the principles and practice of statistics in biological research**. 3th Edition. W.H. Freeman and Company. New York. 2000.

## **Capítulo 2. ANÁLISE MORFOMÉTRICA DE FRUTOS E SEMENTES DE ARATICUM (*Annona crassiflora* Mart.) NO BRASIL CENTRAL.**

### **2.1 Resumo**

Com a existente redução da cobertura vegetal do Cerrado, diversas espécies arbóreas têm suas áreas de ocorrência diminuídas e como consequência perdem parte de sua diversidade genética. Para contrapor este cenário faz-se necessário conhecer a diversidade genética afim de embasar projetos e medidas práticas de conservação. Assim, este trabalho teve como objetivo investigar a diversidade genética populacional de *Annona crassiflora* por meio de dados morfométricos de frutos e sementes em 4 populações no Brasil central. No total foram obtidos 152 frutos de 73 matrizes dos quais foram medidos a altura, diâmetro, massa do fruto, massa de 100 sementes e número de sementes. Os frutos foram despoldados e as semente retiradas para se medir a altura, largura e espessura. O estudo de cluster hierárquico mostrou o agrupamento de 21 pequenos grupos e dois grandes grupos, sendo que nestes dois grandes grupos há representantes das 4 populações amostradas. Isso mostra que não há uma divisão específica das populações, indicando alta diversidade genética. Os frutos da população de Buritis foram, via de regra, significativamente maiores que das outras populações o que pode evidenciar distanciamento genético ou diferentes condições ambientais de polinização. Este padrão não foi observado na análise das dimensões das sementes, embora tenha havido diferença estatística entre as populações. De forma geral as maiores dimensões foram encontradas nas populações de Planaltina e Buritis. Diante disso as análises indicam alta diversidade genética e frutos/sementes com dimensões maiores nos locais com melhor estado de conservação.

**Palavras chave:** Araticum, Cerrado, Morfometria

## 2.2 Abstract

With the existing reduction of the vegetation cover of the Cerrado, several tree species have their areas of occurrence diminished and as a consequence they lose part of their genetic diversity. To counter this scenario it is necessary to know the genetic diversity in order to base projects and practical conservation measures. Thus, the objective of this work was to investigate the genetic variability of *Annona crassiflora* by means of morphometric data of fruits and seeds in four populations in central Brazil. In total, 152 fruits were obtained from 73 matrices, of which the height, diameter, fruit mass, mass of 100 seeds and number of seeds were measured. The fruits were stripped and the seed removed to measure the height, width and thickness. The hierarchical cluster study showed the grouping of 11 small groups and two large groups, and in these two large groups there are representatives of the 4 populations sampled. This shows that there is no specific division of populations, indicating high genetic variability. The fruits of the Buritis population were, as a rule, significantly larger than those of other populations, which may indicate genetic distancing or different environmental conditions of pollination and dispersion. This pattern was not observed in the seed size analysis, although there was a statistical difference between the populations. In general, the largest dimensions were found in the populations of Planaltina and Buritis. Therefore, the analyzes indicate high genetic diversity and fruits/seeds with larger dimensions in the best preserved state.

*Keywords:* Araticum, Cerrado, Morphometry

## 2.3 Introdução

O Cerrado apresentava há cerca de 10 anos em torno de 40% da vegetação alterada pela atividade humana, como mostrado no estudo de Sano et al. (2007) e atualmente 46% de redução de sua cobertura nativa (STRASSBURG et al., 2017). Tal fato pode ser explicado pelo Cerrado possuir a menor porcentagem de área legalmente protegida, apenas 5,2 %, na forma de unidades de conservação até meados da década passada (JEPSON, 2005), e cerca de 7,5% nos dias atuais (SOARES FILHO et al., 2014). Com isso, muitas espécies ficam ameaçadas pela ocupação antrópica desordenada do Cerrado e o extrativismo predatório. Gera-se assim perdas irreparáveis na área de saúde, bem-estar e economia da sociedade, pois, espécies nativas de grande potencial de uso econômico como frutíferas, medicinais, madeiras ou ornamentais são substituídas por culturas. Essa substituição acontece muitas vezes, sem o devido cuidado com boas práticas para conservação dos recursos naturais.

Além da criação de unidades de conservação maiores, a recuperação de áreas degradadas e a recomposição da reserva legal das propriedades rurais com mudas de espécies nativas ajudam na conservação de espécies com potencial econômico (HOPKIN, 2004). Estudos sobre a diversidade genética destas espécies geram importantes informações para subsidiar diferentes práticas de manejo, estabelecimento e formação de bancos de germoplasma e etapas iniciais de seleção e melhoramento genético (FALEIRO, 2007).

A grande gama de variações no tamanho e peso de frutos de espécies vegetais são importantes indicadores de variabilidade genética a ser explorada em programas de melhoramento genético (CLEMENT, 2001). Para as espécies

que ainda não possuem expressão econômica, são necessários estudos sobre obtenção de sementes e frutos, produção de mudas, fenologia, cultivo e manejo em campo da espécie em questão (PALMER, 1994, CLEMENT, 1997; 2001).

## **2.4 Objetivo Principal**

Caracterizar a diversidade morfométrica de frutos e sementes de populações naturais de *Annona crassiflora*.

### **2.4.1 Objetivos específicos**

- Realizar a análise morfométrica de frutos e de sementes de *A. crassiflora* nas 4 populações de estudo, visando a sua descrição;
- Correlacionar as variáveis morfométricas das populações no intuito de melhor compreender seus padrões fenotípicos;
- Caracterizar a diversidade intra e interpopulacional a partir da análise morfométrica dos frutos e sementes;

## 2.5 Material e Métodos

### 2.5.1 Amostragem de Matrizes, Coleta e Beneficiamento de Sementes

Durante o mês de março de 2017 realizou-se o processo de amostragem de matrizes em ambientes florestais conservados ou parcialmente conservados do Distrito Federal, do município de Planaltina, estado de Goiás e do município de Buritis, estado de Minas Gerais.

As regiões de amostragem foram principalmente caracterizadas por vegetação de Cerrado típico, mas em todas as regiões, havia áreas próximas de vegetação degradada, principalmente para fins de agricultura, pecuária e estradas. As descrições geográficas e fito fisionômicas das áreas de coleta dos frutos e sementes estão resumidas nos Quadros 2.1 e 2.2.

**Quadro 2.1** Descrição geográfica das áreas de amostragem de *Annona crassiflora*.

População	Latitude S	Longitude W	Área (hm <sup>2</sup> )	Distância de Brasília (km)
Sobradinho - DF	15°43'45"	47°44'32"	354	25
FAL - DF	15°56'55"	47°56'02"	434	25
Planaltina - GO	15°22'59"	47°36'30"	240	60
Buritis - MG	15°47'03"	46°35'11"	120	220

**Legenda:** S = Sul; W = Oeste.

**Quadro 2.2.** Descrição fitofisionômica, nível de conservação e situação dos arredores da área de amostragem de quatro populações de *Annona crassiflora*.

População	Fitofisionomia	Nível de conservação	Entorno
Sobradinho - DF	Cerrado <i>sensu stricto</i>	Degradado. Área é um conjunto de remanescentes de área verde e terrenos ainda vazios. Existem trilhas que cortam a área	Residências, avenidas, espécies vegetais invasoras, entulho e lixo
FAL - DF	Cerrado <i>sensu stricto</i>	Conservado. Área destinada a pesquisa e conservação. Possui estradas e edificações em seu interior gerando descontinuidade da vegetação	Divisa com áreas residenciais e estradas
Planaltina - GO	Cerrado <i>sensu stricto</i>	Conservado. Vegetação contínua remanescente	Área circundada por pastagens.
Buritis - MG	Cerrado <i>sensu stricto</i>	Conservado. Vegetação contínua remanescente	Área com plantações e estradas ao redor

Ao todo foram coletados frutos de 73 matrizes em quatro populações, tendo como critério de amostragem a sanidade da árvore, distância mínima de 50 metros entre matrizes, e produção de sementes no ano de coleta. Após a coleta dos frutos das árvores, os mesmos foram acondicionados em recipientes individualizados por matriz, com suas respectivas identificações, e mantidos em local arejado à sombra para pré-secagem. No total foram obtidos 152 frutos

das 73 matrizes (1 a 5 frutos coletados por matriz). De todos os frutos foram avaliados: circunferência longitudinal (cm) e radial (cm) com uma fita métrica, pesados (g) utilizando balança digital de precisão 0,01g e contabilizado o número de sementes por fruto. (Figura 2.1).



**Figura 2.1.** Aspecto geral dos frutos e sementes de *Annona crassiflora* utilizados neste trabalho.

A abertura dos frutos foi realizada e o material exposto ao sol. As sementes foram liberadas manualmente dos frutos e separadas das impurezas com posterior armazenamento em câmara fria. Foram separadas

aleatoriamente 10 sementes por matriz para realização de medidas de comprimento (mm), largura (mm) e espessura (mm) utilizando paquímetro digital; e a massa de 100 sementes (g) foi avaliada utilizando balança digital de precisão 0,001g.

### **2.5.2 Análise de Dados**

As medidas dos frutos e sementes foram anotadas na planilha do software Excel, Microsoft 2010 e as análises estatísticas foram realizadas utilizando o software IBM SPSS, 2012. A análise descritiva das variáveis quantitativas foi apresentada por meio da média, desvio padrão, valores mínimo e máximo, quartis e histograma de frequência. A comparação dos dados das medidas de frutos foi realizada por meio de análise de variância unidirecional, utilizando as quatro populações do estudo como fator.

Na análise de variância com um fator, o modelo matemático utilizado foi:

$$y = x_0 + x_P + \varepsilon$$

Onde  $y$  = variável resposta (circunferência radial, longitudinal, razão R/L, massa, sementes/fruto e massa de 100 sementes)

$x_0$  = intercepto

$x_P$  = efeito de população

$\varepsilon$  = erro aleatório

A unidade avaliada neste caso foi a matriz, onde nas matrizes com mais de um fruto, utilizaram-se os dados morfométricos médios na análise estatística. Também foi utilizado o teste de correlação de Pearson, além de

medida de cluster hierárquico para avaliar similaridades intra e inter populações.

Para análise dos dados das sementes, foi utilizada anova com 2 fatores (população e matriz dentro de cada população) afim de avaliar a diferença das medidas entre as populações e entre as matrizes das respectivas populações.

O modelo matemático utilizado foi:

$$y = x_0 + x_P + x_M + \varepsilon$$

Onde  $y$  = variável resposta (comprimento, largura, espessura e razão largura/espessura)

$x_0$  = intercepto

$x_P$  = efeito de população

$x_M$  = efeito de matriz

$\varepsilon$  = erro aleatório

Adicionalmente, foi realizada análise de correlação entre as variáveis estudadas. O nível de confiança adotado em todo o estudo foi de 5%.

## 2.6 Resultados

Os frutos obtidos de *Annona crassiflora* tiveram a circunferência longitudinal variando entre 9,10 e 19,40 cm e radial variando entre 8,37 e 19,01 cm. A razão circunferência longitudinal/radial variou entre 0,95 e 1,10, com massa entre 548,65 e 2157,89 g. A menor quantidade de sementes por fruto foi de 30 sementes e a maior quantidade encontrada foi de 169 sementes em um

mesmo fruto. A massa de 100 sementes variou entre 36,67 e 176,91 g. Esses dados estão apresentados por variável e local da população na Tabela 2.1 abaixo.

**Tabela 2.1.** Análise descritiva dos dados morfométricos de frutos de *Annona crassiflora* obtidos em 4 populações do cerrado no Brasil Central, 2017.

Variável	População	N	Média	Desvio Padrão	Coefficiente de variação	Mínimo	Máximo
Circunferência radial (cm)	Sobradinho	11	12,2303	2,57426	21,0482	9,10	19,40
	FAL	16	12,5271	1,24384	9,9292	10,40	14,15
	Planaltina	20	12,5042	1,09885	8,7878	10,80	14,40
	Buritis	26	14,2366	1,43205	10,0589	11,10	16,50
	Total	73	13,0849	1,73977	13,296	9,10	19,40
Circunferência longitudinal (cm)	Sobradinho	11	11,9425	2,60383	21,8031	8,37	19,01
	FAL	16	12,0692	1,44845	12,0012	9,36	14,30
	Planaltina	20	11,9079	1,07292	9,0102	10,27	14,11
	Buritis	26	13,2877	1,36015	10,2362	10,14	15,60
	Total	73	12,4399	1,65268	13,2853	8,37	19,01
Razão circunferência R/L	Sobradinho	11	1,0273	,04334	4,2188	0,98	1,10
	FAL	16	1,0413	,04486	4,3081	0,95	1,11
	Planaltina	20	1,0511	,04064	3,8664	0,96	1,11
	Buritis	26	1,0719	,02659	2,4806	1,02	1,11
	Total	73	1,0528	,04029	3,8269	0,95	1,11
Massa (g)	Sobradinho	11	1179,2964	389,57463	33,0345	548,65	2157,89
	FAL	16	1190,4069	227,39180	19,102	854,36	1584,62
	Planaltina	20	1334,7931	209,42428	15,6896	1025,49	1756,17
	Buritis	26	1518,6660	170,00215	11,1942	1165,87	1817,94
	Total	73	1345,2048	271,81940	20,2065	548,65	2157,89
Sementes/fruto	Sobradinho	11	71,8482	23,82934	33,1662	36,00	108,00
	FAL	16	81,6456	28,24212	34,5911	35,00	151,00
	Planaltina	20	81,2100	20,90789	25,7455	48,00	144,00
	Buritis	26	97,5065	33,28387	34,135	30,00	169,00
	Total	73	85,6990	28,87828	33,6973	30,00	169,00
Massa de 100 sementes (g)	Sobradinho	11	56,0964	10,37611	18,4969	40,83	73,64
	FAL	16	61,0950	10,45942	17,1199	42,84	79,47
	Planaltina	20	58,2935	18,83575	32,3119	40,83	112,27
	Buritis	26	60,5012	26,13661	43,2002	36,67	176,91
	Total	73	59,3627	19,27814	32,4752	36,67	176,91

**Legenda:** N = número de matrizes

Para o estudo de correlação entre as medidas dos frutos foi utilizado o coeficiente de correlação de Pearson ( $r$ ), calculado dois a dois. Foi utilizada a variável altura da matriz ( $m$ ) para avaliar a correlação entre o porte da matriz e a característica dos frutos. A análise de correlação entre as variáveis analisadas para os frutos de *A. crassiflora* mostrou alta correlação entre as circunferências longitudinal e radial ( $r = 0,830$ ,  $p$ -valor  $< 0,001$ ), circunferência longitudinal e massa ( $r = 0,806$ ,  $p$ -valor  $< 0,001$ ) e radial e massa ( $r = 0,746$ ,  $p$ -valor  $< 0,001$ ) (Tabela 2.2). Esses dados são esperados tendo em vista que frutos maiores tendem a apresentar maior massa.

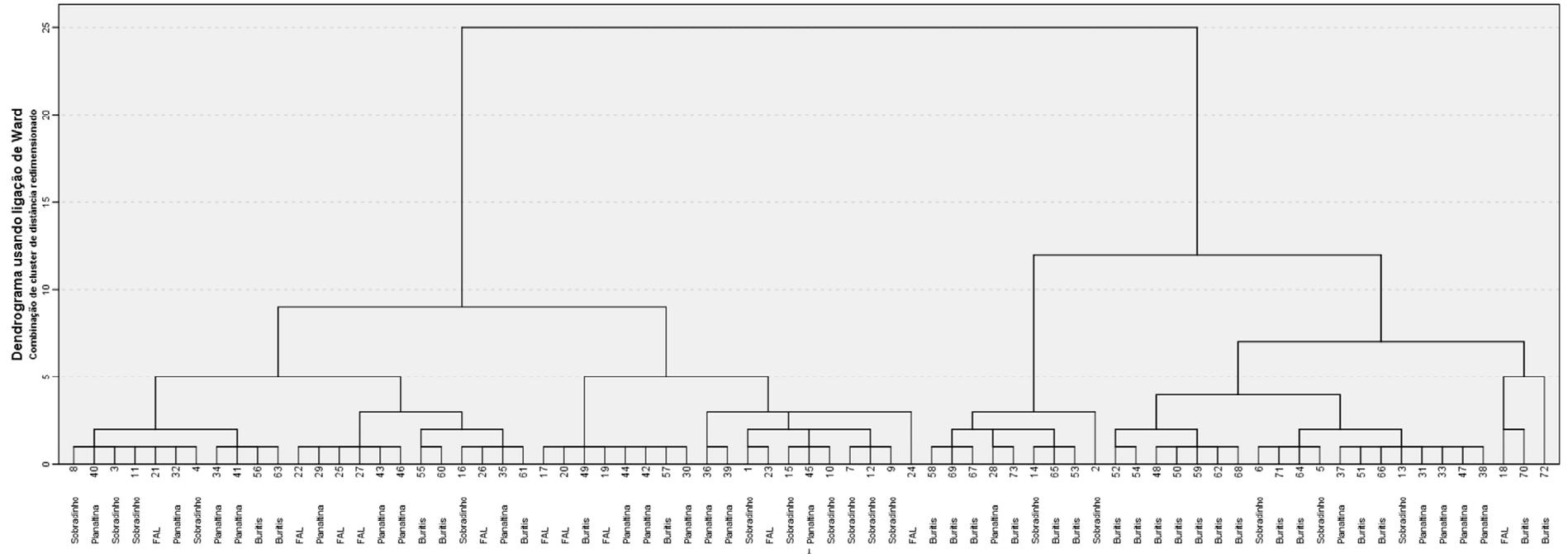
Houve também correlação estatística fraca, mas significativa entre a altura da matriz e o tamanho dos frutos: circunferência radial, circunferência longitudinal e massa ( $r = 0,287$ ,  $p$ -valor =  $0,015$ ;  $r = 0,324$ ,  $p$ -valor =  $0,006$  e  $r = 0,237$ ,  $p$ -valor =  $0,045$ , respectivamente). Isso indica que o porte da matriz influencia no tamanho dos frutos por ela gerado. As demais correlações não foram significativas ao nível de significância de 5%. Não foi analisada a correlação da razão diâmetro/altura por ela não ser uma variável independente (é razão de outras duas).

**Tabela 2.2.** Análise de correlação dos dados morfométricos de frutos de *Annona crassiflora* obtidos em 4 populações do cerrado no Brasil Central, 2017.

		Altura da matriz	Circunferência radial	Circunferência longitudinal	Massa	Sementes por fruto	Massa de 100 sementes
Altura da matriz	r	1	0,287	0,324	0,237	0,148	0,015
	Sig.		0,015	0,006	0,045	0,216	0,903
	N	73	73	73	73	73	73
Circunferência radial	r		1	0,830	0,806	0,158	0,197
	Sig.			0,000	0,000	0,182	0,095
	N		73	73	73	73	73
Circunferência longitudinal	r			1	0,746	0,133	0,204
	Sig.				0,000	0,261	0,083
	N			73	73	73	73
Massa	r				1	0,160	0,087
	Sig.					0,177	0,464
	N				73	73	73
Sementes por fruto	r					1	-0,051
	Sig.						0,668
	N					73	73

O estudo de cluster hierárquico entre as 73 matrizes das 4 populações estudadas foi realizado utilizando o método de Ward e distância euclidiana como medida. Observa-se o agrupamento de 21 pequenos grupos e dois grandes grupos, sendo que nestes dois grandes grupos há representantes das quatro populações amostradas de *A. crassiflora*. Isso mostra que, com base nas características fenotípicas dos frutos, não há uma divisão específica das populações, indicando alta diversidade morfológica dentro das populações e entre estas populações de *A. crassiflora* do cerrado do Brasil central (Figura 2.2).

Com base nas distâncias euclidianas para as variáveis, foi possível avaliar que a variável massa dos frutos foi a que mais contribuiu para a formação dos clusters, contribuindo com 47,31% para a dissimilaridade encontrada nesta análise.



**Figura 2.2.** Dendrograma da análise de clusters hierárquica das características fenotípicas dos frutos de *Annona crassiflora* obtidos em quatro populações do cerrado no Brasil Central, 2017

Os dados morfométricos das sementes também foram apresentados de forma descritiva na Tabela 2.3. Observa-se que o comprimento das sementes variou entre 13,18 e 23,67 mm, a largura entre 6,82 e 14,38 mm e a espessura variou entre 5,39 e 10,65 mm. A razão entre largura e espessura foi calculada para avaliar a cilíndricidade das sementes, cuja variação ficou entre 0,86 e 2,36. Isso mostra que a forma cilíndrica não é a predominante nas sementes dessa espécie e sim formas esféricas ou achatadas.

**Tabela 2.3.** Análise descritiva dos dados morfométricos de sementes de *Annona crassiflora* obtidos em quatro populações do cerrado no Brasil Central, 2017.

Variável	População	N	Média	Desvio Padrão	Coefficiente de variação	Mínimo	Máximo
Comprimento (mm)	Sobradinho	110	19,7021	2,04106	10,35961	13,55	23,67
	FAL	160	19,7068	2,12622	10,78927	14,28	23,55
	Planaltina	200	18,5118	1,88877	10,20306	14,85	22,80
	Buritis	260	18,3803	1,75698	9,559039	13,18	22,15
	Total	730	18,9063	2,0121	10,64248	13,18	23,67
Largura (mm)	Sobradinho	110	10,9883	0,98729	8,98492	8,82	14,38
	FAL	160	10,6337	0,94084	8,84772	7,49	13,16
	Planaltina	200	10,3275	0,93411	9,04488	7,31	12,78
	Buritis	260	9,9022	1,00257	10,12472	6,82	12,55
	Total	730	10,3427	1,04157	10,07058	6,82	14,38
Espessura (mm)	Sobradinho	110	8,0241	0,73322	9,137723	5,81	10,16
	FAL	160	7,9347	0,81094	10,22017	6,02	10,56
	Planaltina	200	7,9501	0,59286	7,457265	5,98	9,56
	Buritis	260	7,6082	0,79856	10,49604	5,39	9,60
	Total	730	7,8361	0,75887	9,684282	5,39	10,56
Razão	Sobradinho	110	1,3846	0,21398	15,45428	0,99	2,36
Largura/Espessura	FAL	160	1,3538	0,18117	13,38233	0,86	1,89
	Planaltina	200	1,3051	0,14531	11,13401	0,99	1,76
	Buritis	260	1,3132	0,17442	13,28206	0,92	2,07
	Total	730	1,3306	0,17727	13,32256	0,86	2,36

**Legenda:** N = número de sementes

A partir da análise de correlação entre as variáveis analisadas para as sementes, observa-se correlação significativa entre as características das sementes: comprimento e largura ( $r = 0,316$ ,  $p\text{-valor} < 0,001$ ), comprimento e espessura ( $r = 0,234$ ,  $p\text{-valor} < 0,001$ ), largura e espessura ( $r = 0,158$ ,  $p\text{-valor} < 0,001$ ) (Tabela 2.4). Todas as correlações foram significativas ao nível de significância de 5%, mesmo com correlação de moderada a fraca entre as variáveis. Isso indica que valores maiores de uma medida da semente tendem a apresentar valores maiores do outro parâmetro, mesmo esse aumento não sendo tão grande, mas significativo. Não foi analisada a correlação da razão largura/espessura por ela ser de natureza correlacionada (é razão de outras duas).

**Tabela 2.4.** Análise de correlação dos dados morfométricos de sementes de *Annona crassiflora* obtidos em quatro populações do cerrado no Brasil Central, 2017.

		Comprimento	Largura	Espessura
Comprimento	Correlação de Pearson	1	0,316	0,234
	Sig.		0,000	0,000
	N	730	730	730
Largura	Correlação de Pearson		1	0,158
	Sig.			0,000
	N		730	730

Para avaliar se havia diferença estatisticamente significativa entre as populações estudadas, em relação aos dados morfométricos, foi realizada análise de variância de um ou dois fatores, para os dados de frutos e sementes respectivamente.

Observa-se que, para as medidas dos frutos de *Annona crassiflora*, houve diferença estatisticamente significativa em relação a todas as variáveis, exceto a variável massa de 100 sementes ( $p\text{-valor} = 0,901$ ) (Tabela 2.5). Para

circunferência radial, p-valor < 0,001, indicando que se rejeita a hipótese nula de igualdade das médias das circunferências radiais nas quatro populações. Para circunferência longitudinal, p-valor = 0,011, o que também mostra que se rejeita a hipótese nula de igualdade das médias das circunferências longitudinais nas quatro populações. Já para razão circunferência r/l, p-valor = 0,007, tem-se que as médias são diferentes em pelo menos duas das quatro populações analisadas. A massa do fruto apresentou p-valor <0,001, o que também indica diferença da massa dos frutos em pelo menos duas das quatro populações analisadas. Para sementes por fruto, essa diferença estatística também foi observada: p-valor = 0,049, mostrando que se rejeita a hipótese nula de igualdade das médias das sementes/fruto nas quatro populações.

**Tabela 2.5.** Análise de variância (ANOVA) unidirecional utilizando como fator as 4 populações de *Annona crassiflora* no cerrado do Brasil Central, 2017.

		Soma dos Quadrados	df	Quadrado Médio	Z	Sig.
Circunferência radial	Entre Grupos	54,243	3	18,081	7,622	0,000
	Nos grupos	163,686	69	2,372		
	Total	217,929	72			
Circunferência longitudinal	Entre Grupos	29,266	3	9,755	4,021	0,011
	Nos grupos	167,392	69	2,426		
	Total	196,658	72			
Razão circunferência R/L	Entre Grupos	0,019	3	0,006	4,426	0,007
	Nos grupos	0,098	69	0,001		
	Total	0,117	72			
Massa	Entre Grupos	1470656,857	3	490218,952	8,788	0,000
	Nos grupos	3849119,680	69	55784,343		
	Total	5319776,538	72			
Sementes/fruto	Entre Grupos	6401,064	3	2133,688	2,744	0,049
	Nos grupos	53643,696	69	777,445		
	Total	60044,760	72			
Massa de 100 sementes	Entre Grupos	221,934	3	73,978	0,192	0,901
	Nos grupos	26536,613	69	384,589		
	Total	26758,547	72			

O teste Post Hoc de comparação entre grupos utilizado foi o teste de Tukey HSD, cujo teste é indicado para dados com variâncias homogêneas. Os dados apresentaram homogeneidade de variâncias pelo teste de Levene, tendo em vista que não houve rejeição do pressuposto de homogeneidade de variâncias ( $p$ -valor > 0,05) para nenhuma variável (Tabela 2.6).

**Tabela 2.6.** Teste estatístico de Levene utilizado para testar a homogeneidade de variâncias da ANOVA realizada para dados morfométricos de frutos de 4 populações de *Annona crassiflora* no cerrado do Brasil Central, 2017.

	Estatística de			
	Levene	df1	df2	Sig.
Circunferência radial	0,618	3	69	0,606
Circunferência longitudinal	0,704	3	69	0,553
Razão circunferência R/L	1,451	3	69	0,236
Massa	1,229	3	69	0,306
Sementes/fruto	1,207	3	69	0,314
Massa de 100 sementes	0,605	3	69	0,614

O teste post hoc de Tukey foi utilizado para todas as variáveis que apresentaram diferença estatisticamente significativa entre as populações (Tabela 2.7).

Para a variável diâmetro houve divisão de dois grupos, ou seja, apenas a população de Buritis foi estatisticamente diferente das demais populações (significativamente maior), sendo que elas não diferiram entre si. Assim como para a variável altura também houve divisão de dois grupos, ou seja, apenas a população de Buritis apresentou altura dos frutos estatisticamente diferente das demais populações (significativamente maior), sendo que elas não diferiram entre si.

Já para a variável diâmetro/altura houve divisão de dois grupos, ou seja, onde a população de Buritis diferiu em relação a razão R\L apenas dos frutos da população de Sobradinho (significativamente maior). Sobradinho, FAL e Planaltina não diferiram entre si, assim como FAL, Planaltina e Buritis.

Em relação à variável massa dos frutos houve divisão de dois grupos, sendo que a massa dos frutos da população de Buritis foi estatisticamente

maior que a massa dos frutos da população de Sobradinho e da FAL. Sobradinho, FAL e Planaltina não diferiram entre si, assim como Planaltina e Buritis.

Para a variável sementes/fruto houve divisão de dois grupos, onde a quantidade de sementes por fruto da população de Buritis foi estatisticamente maior que a quantidade de sementes/fruto da população de Sobradinho, apenas. Sobradinho, FAL e Planaltina não diferiram entre si, assim como FAL, Planaltina e Buritis.

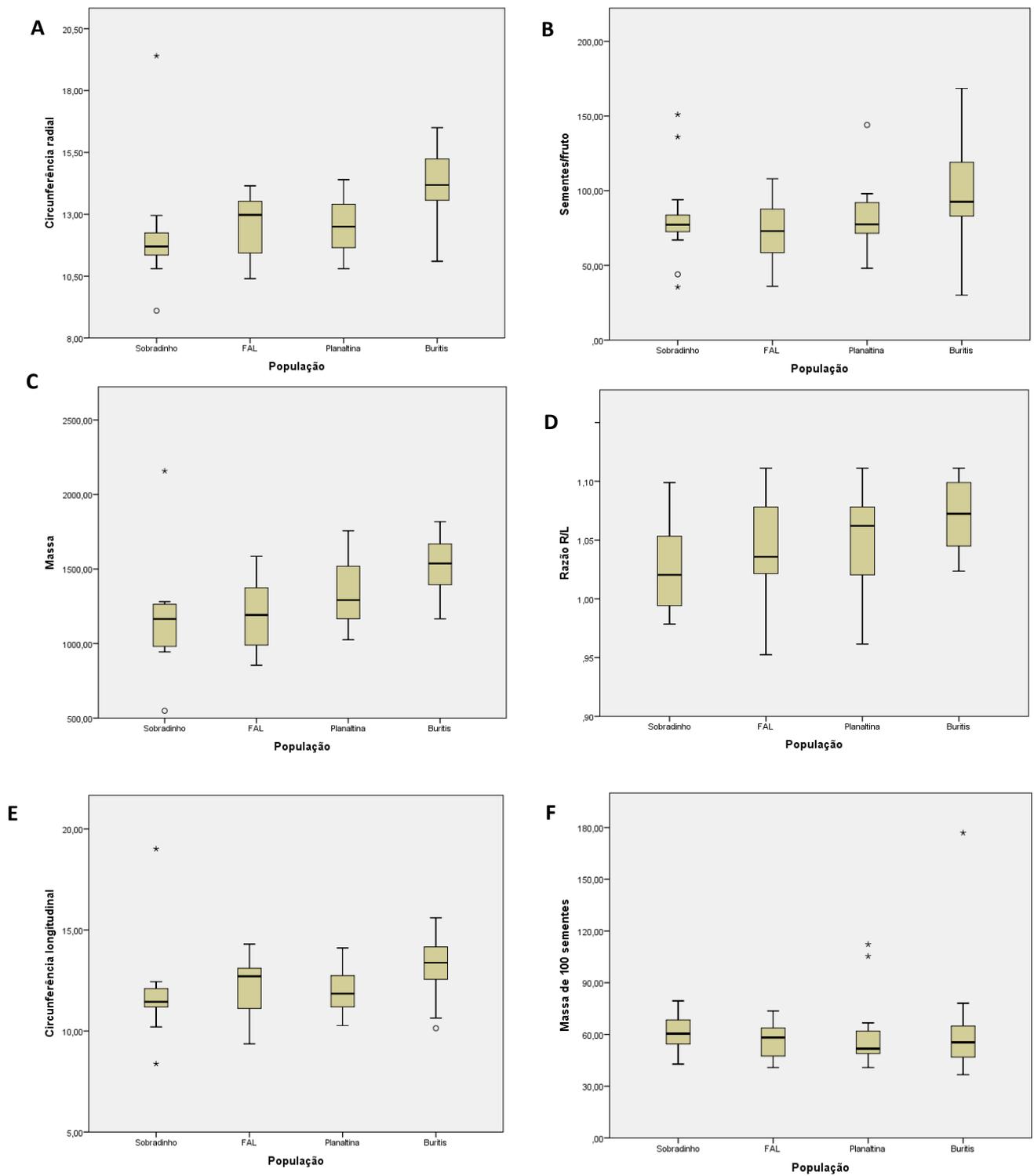
Por fim, em relação à variável massa de 100 sementes não houve divisão em grupos, tendo em vista que não se rejeitou a hipótese nula de diferença das médias da massa de 100 sementes das quatro populações estudadas (Tabela 2.12). Isso significa que não houve diferença estatisticamente significativa entre a massa de 100 sementes das quatro populações de *Annona crassiflora*.

**Tabela 2.7.** Teste Post Hoc de Tukey para as variáveis morfométricas dos frutos em relação a 4 populações de *Annona crassiflora* do cerrado no Brasil Central, 2017.

		Subconjunto para alfa = 0.05		
	População	N	1	2
Circunferência radial (cm)	Sobradinho	11	12,2303	
	Planaltina	20	12,5042	
	FAL	16	12,5271	
	Buritis	26		14,2366
	Sig.		0,945	1,000
Circunferência longitudinal (cm)	Planaltina	20	11,9079	
	Sobradinho	11	11,9425	
	FAL	16	12,0692	
	Buritis	26		13,2877
	Sig.		0,951	1,000
Razão circunferência R/L	Sobradinho	11	1,0273	
	FAL	16	1,0413	1,0413
	Planaltina	20	1,0511	1,0511
	Buritis	26		1,0719
	Sig.		0,275	0,099
Massa (g)	Sobradinho	11	1179,2964	
	FAL	16	1190,4069	
	Planaltina	20	1334,7931	1334,7931
	Buritis	26		1518,6660
	Sig.		0,240	0,123
Sementes/fruto	Sobradinho	11	71,8482	
	Planaltina	20	81,2100	81,2100
	FAL	16	81,6456	81,6456
	Buritis	26		97,5065
	Sig.		0,744	0,342

**Legenda:** N = número de matrizes

As diferenças entre as populações ficam bastante evidentes nos box-plots da Figura 2.3 mostradas para cada variável. É possível observar diferenças entre as populações nas Figuras A a E, cuja diferença foi estatisticamente significativa na Análise de Variância (Tabela 2.5).



**Figura 2.3.** Box-plot das variáveis circunferência radial (cm) (A), sementes/fruto (B), massa (g) (C), razão circunferência R/L (D), circunferência longitudinal (cm) (E) e massa de 100 sementes (F) dos frutos para as quatro populações de *Annona crassiflora* do cerrado no Brasil Central, 2017.

Em relação aos dados morfométricos de sementes de *A. crassiflora*, utilizou-se análise de variância com dois fatores (população e matriz) para avaliar se havia diferença estatisticamente significativa entre as populações e matrizes das respectivas populações estudadas.

Observa-se que o modelo para representar os dados morfométricos das sementes de *A. crassiflora* foi significativo para o intercepto e os fatores população e matriz para todas as variáveis analisadas (Tabela 2.8). Em relação ao modelo corrigido, o p-valor  $<0,001$  foi evidenciado para todas as variáveis: comprimento, largura, espessura e razão L/E. Assim como o modelo, o intercepto e os dois fatores foram significativos (p-valor  $<0,050$ ) em relação a todas as variáveis dependentes.

**Tabela 2.8.** Análise de variância (ANOVA) com dois fatores (população e matriz) dos dados morfométricos de sementes de *Annona crassiflora* do cerrado no Brasil Central, 2017.

Origem	Variável dependente	Tipo III Soma dos		Quadrado		
		Quadrados	df	Médio	Z	Sig.
Modelo corrigido	Comprimento	836,203	28	29,864	9,868	0,000
	Largura	193,248	28	6,902	8,096	0,000
	Espessura	73,204	28	2,614	5,287	0,000
	Razão L/E	2,064	28	0,074	2,479	0,001
Interceptação	Comprimento	153690,379	1	153690,379	50785,987	0,000
	Largura	45490,985	1	45490,985	53360,388	0,000
	Espessura	26148,900	1	26148,900	52883,865	0,000
	Razão L/E	743,439	1	743,439	25003,333	0,000
População	Comprimento	257,174	3	85,725	28,327	0,000
	Largura	70,854	3	23,618	27,704	0,000
	Espessura	17,726	3	5,909	11,950	0,000
	Razão L/E	0,455	3	0,152	5,099	0,002
Matriz	Comprimento	560,959	25	22,438	7,415	0,000
	Largura	83,343	25	3,334	3,910	0,000
	Espessura	51,656	25	2,066	4,179	0,000
	Razão L/E	1,448	25	0,058	1,948	0,004
Erro	Comprimento	2121,391	701	3,026		
	Largura	597,619	701	0,853		
	Espessura	346,616	701	0,494		
	Razão L/E	20,843	701	0,030		
Total	Comprimento	263893,669	730			
	Largura	78879,793	730			
	Espessura	45245,188	730			
	Razão L/E	1315,442	730			
Total corrigido	Comprimento	2957,594	729			
	Largura	790,867	729			
	Espessura	419,820	729			
	Razão L/E	22,907	729			

O teste *Post Hoc* de comparação entre grupos utilizado também foi o teste de Tukey HSD, que é indicado para dados com variâncias homogêneas. Os dados apresentaram homogeneidade de variâncias pelo teste de Levene, tendo em vista que não houve rejeição do pressuposto de homogeneidade de

variâncias (p-valor > 0,05) para nenhuma variável dependente das medidas das sementes (Tabela 2.9).

**Tabela 2.9.** Teste estatístico de Levene utilizado para testar a homogeneidade de variâncias da ANOVA realizada para dados morfométricos de sementes de 4 populações de *Annona crassiflora* do cerrado no Brasil Central, 2017.

	Z	df1	df2	Sig.
Comprimento	21,854	72	657	0,159
Largura	18,767	72	657	0,115
Espessura	18,716	72	657	0,091
Razão L/E	16,381	72	657	0,197

O resultado do *Post Hoc* é apresentado na Tabela 2.10 para todas as variáveis morfométricas de sementes, pois todas diferiram estatisticamente entre as populações. O resultado mostra que para a variável comprimento houve divisão de 2 grupos: Buritis e Planaltina foram separadas de Sobradinho e FAL. Ou seja, o comprimento das sementes não diferiu estatisticamente entre Buritis e Planaltina, nem entre Sobradinho e FAL, mas diferiram entre esses grupos, onde o comprimento das sementes de Buritis e de Planaltina foram significativamente menores que os comprimentos de Sobradinho e da FAL.

Para a variável largura, o resultado do teste post hoc mostra que houve divisão em 4 grupos. Isso indica que a largura das sementes diferiu estatisticamente entre todas as populações de *A. crassiflora*. Buritis apresentou as menores larguras e Sobradinho, as maiores.

Em relação à variável espessura, o resultado do teste post hoc mostra que houve divisão em 2 grupos, onde apenas a população de Buritis diferiu estatisticamente das demais. Isso indica que a espessura das sementes de

Buritis foi estatisticamente menor que a espessura das sementes de todas as populações de *A. crassiflora*, mas elas não diferiram entre si.

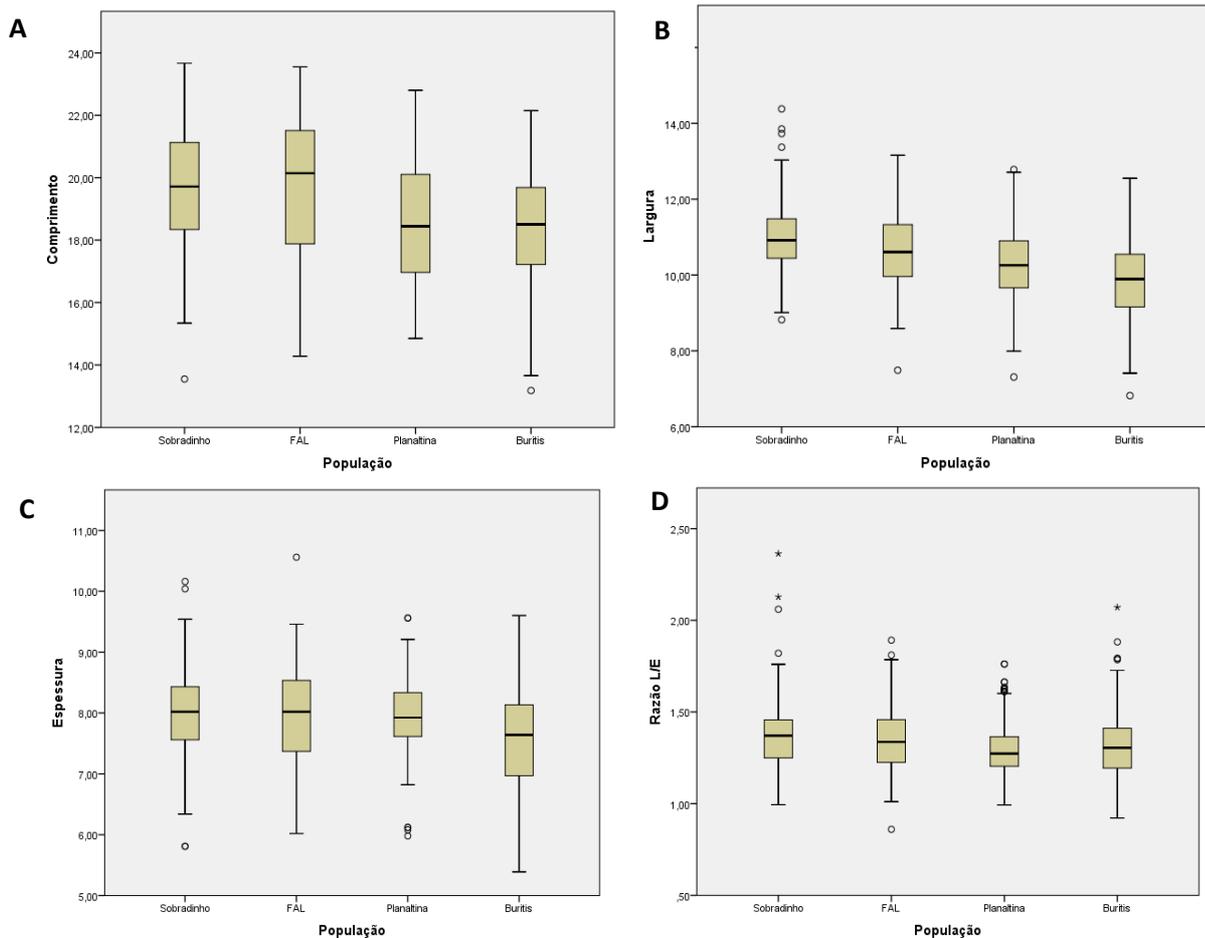
Por fim, para a variável razão largura/espessura observa-se uma divisão em 2 grupos no teste *Post Hoc* de Tukey. Houve divisão de 2 grupos, onde a razão de largura/espessura das sementes diferiu estatisticamente entre Planaltina e Sobradinho e entre Buritis e Sobradinho, sendo que a razão largura/espessura das sementes de Sobradinho foi estatisticamente maior.

**Tabela 2.10.** Teste *Post Hoc* de Tukey para as variáveis morfométricas de sementes em relação a quatro populações de *Annona crassiflora* do cerrado no Brasil Central, 2017.

	População	N	Subconjunto			
			1	2	3	4
Comprimento	Buritis	260	18,3803			
	Planaltina	200	18,5118			
	Sobradinho	110		19,7021		
	FAL	160		19,7068		
	Sig.		0,902	1,000		
Largura	Buritis	260	9,9022			
	Planaltina	200		10,3274		
	FAL	160			10,6338	
	Sobradinho	110				10,9883
	Sig.		1,000	1,000	1,000	1,000
Espessura	Buritis	260	7,6082			
	FAL	160		7,9347		
	Planaltina	200		7,9501		
	Sobradinho	110		8,0241		
	Sig.		1,000	0,655		
Razão largura/espessura	Planaltina	200	1,3051			
	Buritis	260	1,3132			
	FAL	160	1,3538	1,3538		
	Sobradinho	110		1,3846		
	Sig.		0,050	0,368		

**Legenda:** N = número de sementes.

As diferenças entre as populações ficam evidentes nos box-plots da Figura 2.4 mostradas para cada variável analisada para sementes. É possível observar diferenças entre as populações nas Figuras A a D, cuja diferença foi estatisticamente significativa na Análise de Variância (Tabela 2.8).



**Figura 2.4.** Box-plot das variáveis comprimento (mm) (A), espessura (mm) (B), largura (mm) (C) e razão largura/espessura (D) das sementes para as quatro populações de *Annona crassiflora* de cerrado do Brasil Central, 2017.

## 2.7 Discussão

Os dados aqui apresentados para as dimensões das sementes estão próximos aos de Machado et al. (2016), num estudo com matrizes de araticum da região do estado de Goiás, e de Pimenta et al. (2013) em matrizes localizadas em Mato Grosso. A variação no tamanho das sementes de *A. crassiflora* é normal para frutos polispérmicos onde há competição por nutrientes, o que afeta o tamanho final. Não raro, as sementes posicionadas nas extremidades do endocarpo apresentam tamanho inferior aquelas

localizadas no interior do fruto (RODRIGUES et al., 2006). Sendo assim, estas medidas podem sofrer maior influência da polinização (efetividade) do que da diversidade genética em si.

A população de *A. crassiflora* em áreas mais conservadas conseguiu produzir maiores frutos, mais pesados e globulares, provavelmente devido à maior disponibilidade de recursos e polinizadores e pelo crescimento da polpa e maior número de sementes, as sementes produzidas foram menores. Já as regiões mais antropizadas apresentaram frutos menores, mais leves, com menos sementes por fruto, e maiores sementes, devido à menor disponibilidade de recursos, polinizadores e até em resposta a algum estresse ambiental.

Com isso pode-se concluir que existe uma grande diversidade de morfologia entre frutos e sementes destas quatro populações de *A. crassiflora* estudadas. Observa-se que houve diferença estatisticamente significativa de diâmetro, altura, massa e número de sementes por fruto entre as populações, sendo que a população de Buritis, em geral, apresentou os maiores frutos, seguido pela população de Planaltina, FAL e por último de Sobradinho. Já em relação aos dados morfométricos de sementes, os dados foram significativos, mostrando diferenças morfológicas, onde as sementes de Buritis e Planaltina apresentaram os menores tamanhos em relação à FAL e Sobradinho. Isso mostra que Buritis e Planaltina apresentaram maiores frutos com menores sementes, e eram as áreas de Cerrado com maior grau de conservação. A região da FAL possui muitas moradias ao redor com terrenos grandes (2500 m<sup>2</sup>) e a região de Sobradinho apresentava ainda mais moradias (condomínios), com terrenos menores (aproximadamente 1000 m<sup>2</sup>) e avenida de grande

movimento. Assim, para melhorar a produção de frutos de *Annona crassiflora* com fins comerciais e de consumo próprio, o ideal é que a população esteja em um ambiente conservado nas proximidades, minimizando os efeitos antrópicos.

Entretanto, mesmo havendo diferenças significativas entre as características morfológicas/fenotípicas dos frutos nas quatro populações, ao avaliar de forma multivariada várias características, observa-se que não houve uma divisão clara entre as populações (análise de cluster). Os grupos formados com base nas características fenotípicas dos frutos mostraram grupos com componentes (matrizes) de todas as quatro populações. Assim pode-se concluir que há alta diversidade genética entre todas as populações de *A. crassiflora* estudadas, como já relatado por Zanella et al. (2012). Estes autores ainda evidenciam que espécies alógamas, como *A. crassiflora*, tendem a apresentar alta diversidade genética intrapopulacional e pouca diversidade entre populações. Tal fato aponta que ainda há diversidade genética de *A. crassiflora* a ser estudada, conservada e explorada.

A área de ocorrência original de *A. crassiflora* vem sofrendo pressão antrópica tais como expansão da área agrícola, criação de setores habitacionais e comerciais, queimadas e rodovias. Essas pressões culminam por afetar negativamente o desempenho vegetativo, reprodutivo e produtivo da espécie.

A reposição natural dos indivíduos é reduzida por todas as pressões já citadas e tem consequências graves para populações locais de *A. crassiflora*. A baixa produção de frutos por indivíduo aliada a dormência endógena das sementes pode gerar um cenário onde a espécie não consegue recompor sua população. Dessa forma, *A. crassiflora* passa a perder cada vez mais espaço

para outras espécies concorrentes, principalmente gramíneas (Poaceae) forrageiras.

A criação e manutenção de bancos de germoplasma de espécies nativas é uma alternativa de baixo custo e com grandes resultados do ponto de vista genético. Embora seja uma iniciativa de médio a longo prazo, ela engloba aspectos como manutenção da diversidade genética através das matrizes de um pomar de sementes ou de propágulos armazenados, e possibilidade de melhoramento e reposição de material genético perdido em outras regiões.

A morfometria de frutos e sementes pode ser acompanhada a longo prazo para realização de estudos comparativos que visem monitorar as dimensões de propágulos de uma mesma população. Tais estudos podem evidenciar diminuições no tamanho de frutos e sementes que sejam oriundas de perdas de diversidade genética.

## **2.8 Conclusão**

Os caracteres morfométricos dos frutos e sementes foram avaliados no neste capítulo como medida da diversidade morfológica/genética dessas populações. Foram observadas diferenças significativas nos caracteres morfométricos dos frutos de *A. crassiflora*, com grande variação, indicando diversidade genética inter e intra populacional da espécie. As características mais vantajosas foram encontradas em áreas com melhor grau de conservação, indicando que fatores ambientais interferem de forma significativa no desenvolvimento dos indivíduos da espécie o que supõem interferência na expressão gênica, mostrada nas diferenças dos caracteres quantitativos.

## 2.9 Referências Bibliográficas

CLEMENT, C.R. Pupunha: Recursos genéticos para a produção de palmito. **Horticultura Brasileira**, 15:186-191.1997.

CLEMENT, C.R. Melhoramento de espécies nativas. In: FNASS, L.L.; VALOIS, A.C.C.; MELO, I.S.; VALADARES-INGLIS, M.C. **Recursos genéticos e melhoramento de plantas**. Rondonópolis: Fundação de Apoio à Pesquisa Agropecuária de Mato Grosso, 2001. p. 423-441.

FALEIRO, F. G. **Marcadores Genético-Moleculares aplicados a programas de conservação e uso de recursos genéticos**. Planaltina: Embrapa Cerrados. 2007.

HOPKIN, M. **Brazilian savannah 'will disappear by 2030'**. Nature, 2004. <https://www.nature.com/news/2004/040719/full/news040719-6.html> Acesso: 10/01/2018

JEPSON, W. A disappearing biome? : reconsidering land-cover change in the Brazilian savanna. **The Geographical Journal**, 171:99-111, 2005.

MACHADO, C.G.; OLIVEIRA S.S.C.; CRUZ, S.C.S.; MENDONÇA, N.G. Biometria e caracterização morfológica de sementes de araticum oriundas de matrizes de Palminópolis – GO. **Global Science and Technology**, 09:41-47. 2016.

PALMER, M.W. Variation in species richness: toward a unification of hypotheses. **Folia Geobotanica**, 9:511-530. 1994.

PIMENTA, A.C., REGO, S.S., ZUFFELLATO-RIBAS, K.C., NOGUEIRA, A.C.; KOEHLER, H.S. Morphological characterization of fruits, seeds and seedlings of araticum plant (*Annona crassiflora* Mart – Annonaceae). **Journal of Seed Science**, 35:524-531. 2013.

RODRIGUES, A.C.C.; OSUNA, J.T A.; QUEIROZ, S.R.O.D.; RIOS, A.P.S. Biometria de frutos e sementes e grau de umidade de sementes de angico (*Anadenanthera colubrina* (vell.) brenan var. cebil (griseb.) altschul) procedentes de duas áreas distintas. **Revista Científica Eletrônica de Engenharia Florestal**, 4:1-15. 2006.

SANO, E.E.; ROSA, R.; BRITO, J.L.S.; FERREIRA, L.G. **Mapeamento de Cobertura Vegetal do Bioma Cerrado: estratégias e resultados**. Planaltina, DF: Embrapa Cerrados. 2007.

SOARES-FILHO, B.; RAJÃO, R.; MACEDO, M.; CARNEIRO, A.; COSTA, W.; COE, M.; RODRIGUES, H.; ALENCAR, A. Cracking Brazil's Forest Code. **Science** 344:363–364. 2014.

STRASSBURG, B.B.N.; BROOKS, T.; FELTRAN-BARBIERI, R.; IRIBARREM, A.; CROUZEILLES, R.; LOYOLA, R.; LATAWIEC, A.E.; OLIVEIRA FILHO, F.J.B; SCARAMUZZA,

C.A.M.; SCARANO, F.R.; BALMFORD, A. Moment of truth for the Cerrado hotspot. **Nature Ecology & evolution**. 1:99. 2017.

ZANELLA, C.M.; JANKE, A.; PALMA-SILVA, C.; KALTCHUK-SANTOS, E.; PINHEIRO, F.G.; PAGGI, G.M.; SOARES, L.E.S.; GOETZE, M.; BUTTOW, M.V.; BERED, F. Genetics, Evolution, and Conservation of Bromeliaceae. **Genetics and Molecular Biology**, 35:1020-1026. 2012.

## Capítulo 3. VARIABILIDADE GENÉTICA EM PROGÊNIES DE POPULAÇÕES DE *Annona crassiflora* Mart. (ARATICUM).

### 3.1 Resumo

Tendo em vista as características nativas e de importância econômica e social do araticum, existe a necessidade de produção de sementes com qualidade genética adequada, produção em quantidade e a baixo custo, para implementação de pomares de sementes de espécies nativas para fins de restauração ambiental ou até econômicos. Desse modo, este estudo tem por objetivo investigar a diversidade genética intra e interpopulacional em 4 populações de *Annona crassiflora* no Brasil central. Para tal, foram coletadas sementes de 73 matrizes com frutos em 4 populações (FAL-DF; Sobradinho-DF; Planaltina de Goiás – GO; Buritis- MG) para realização de um teste de progênies para avaliação do desenvolvimento das mudas. O delineamento utilizado foi em blocos casualizados onde cada bloco é composto por 15 mudas de cada uma das 73 matrizes com 4 repetições, perfazendo 4380 mudas. Decorridos 270 dias foram avaliados 18 caracteres morfométricos das mudas para obtenção dos parâmetros de variância por meio do programa Selegen-REML/BLUP. Tanto a análise de variância quanto a análise de deviance empregadas mostraram grande diversidade genética interpopulacional corroborando outros estudos sobre a espécie, e destacando-a da maioria das espécies arbóreas que possuem baixa diversidade intrapopulacional. Esta diversidade se refletiu no dendrograma obtido onde as matrizes das quatro populações formaram oito grupos distintos. A simulação de seleção das populações para oito caracteres selecionados mostrou que as populações FAL, Planaltina e Buritis são as mais proeminentes. Entretanto, quando se avaliam os postos, observa-se que, de modo geral, não há um predomínio de uma população na simulação de seleção e que a estratégia de seleção a ser utilizada deve levar em consideração esse cenário. Assim, é possível selecionar matrizes com caracteres superiores afim de estabelecer um pomar de sementes de *Annona crassiflora* para conservação *ex situ*.

**Palavras chave:** Cerrado, Araticum, parâmetros genéticos

### 3.2 Abstract

Considering the native and economical and social importance of the araticunzeiro, there is a need to produce seeds with adequate genetic quality, production in quantity and at low cost, for the implementation of seed orchards of native species for the purpose of environmental restoration or even economical. Thus, this study aims to investigate intra and interpopulational genetic diversity in four populations of *Annona crassiflora* in central Brazil. For this, seeds of 73 matrices with fruits in 4 populations (FAL-DF, Sobradinho-DF, Planaltina de Goiás-GO, Buritis-MG) were collected for a progeny test to evaluate the development of seedlings. The experimental design was in randomized blocks where each block is composed of 15 seedlings from each of the 73 matrices with 4 replicates, making 4380 seedlings. After 270 days, 18 morphometric characters of the seedlings were evaluated to obtain the variance parameters using the Selegen-REML / BLUP program. Both the analysis of variance and the analysis of deviance employed showed great interpopulational genetic diversity corroborating other studies about the species, and highlighting it of the majority of tree species that have low intrapopulational diversity. This diversity was reflected in the dendrogram obtained where the matrices of the four populations formed eight distinct groups. The simulation of population selection for eight selected characters showed that the FAL, Planaltina and Buritis populations are the most prominent. However, when evaluating the stations, it is observed that, in general, there is no predominance of a population in the selection simulation and that the selection strategy to be used must take into account this scenario. Thus, it is possible to select matrices with higher characters in order to establish an *Annona crassiflora* seed orchard for ex situ conservation.

Key words: Cerrado, Araticum, genetic parameters

### 3.3 Introdução

A espécie frutífera *Annona crassiflora* pertence à família Annonaceae, sendo vulgarmente conhecida como araticum, araticum-cortiça, araticum-do-cerrado, araticum-dos-grandes araticum-liso, araticum-panã, cabeça de negro, cabeça-de-pinha, marolo, panã e pinha-do-cerrado (LORENZI, 1998; VIEIRA et al., 2016).

A espécie consiste em árvore característica e exclusiva do Bioma Cerrado do Brasil. Apresenta de 4 a 8 m de altura e tronco, normalmente tortuoso, de 20 cm a 30 cm de diâmetro. É uma espécie frutífera de grande destaque neste Bioma por possuir frutos de grande aceitação popular e amplo apelo mercadológico em razão do sabor e do valor nutricional da sua polpa. Os frutos são explorados de maneira extrativista e consumidos *in natura* ou na forma de sucos, sorvetes, licores, geleias, dentre outros (LORENZI, 1998; CAVALCANTE et al., 2009; RIBEIRO; RODRIGUES, 2006; VIEIRA et al., 2016; SOARES et al., 2009).

No que se refere ao seu sistema reprodutivo, é uma espécie preferencialmente alógama (PEREIRA et al., 2008; TELLES et al., 2003; ALMEIDA JÚNIOR et al, 2015; VIEIRA et al., 2016), cujo florescimento ocorre, em geral, entre os meses de outubro e novembro (LORENZI, 1998; VIEIRA et al., 2016). As flores são hermafroditas, com presença de protoginia, isto é, o gineceu (órgão feminino) amadurece primeiro que o androceu (órgão masculino). A polinização é do tipo entomófila (CARVALHO, 2002).

O período de frutificação ocorre entre os meses de novembro a abril, sendo que a maturação dos frutos normalmente ocorre a partir de janeiro (CARVALHO, 2002; MELO et al., 2015; VIEIRA et al., 2016). O fruto, do tipo

baga, possui polpa levemente adocicada e de cheiro peculiar, podendo variar do branco ao amarelo (CARVALHO, 2002; VIEIRA et al., 2016; SOARES et al., 2009). Esse último tem sabor e cheiro mais acentuado e, por isto, é mais bem aceito pelo mercado (CARVALHO, 2002). Em geral, o peso do fruto varia de 0,5 Kg a 5Kg, contendo de 60 a 190 gomos, em forma de cone, com geralmente, uma semente inserida em cada gomo (CARVALHO, 2002).

A árvore de *A. crassiflora* possui produção sazonal de frutos, isto é, produz muito em um ano e pouco no outro (CARVALHO, 2002, MELO et al., 2015). Em média, uma árvore adulta produz de 5 a 20 frutos, mas há casos de produzir até 40 frutos, que despulpados rendem de 50 a 60% de polpa (CARVALHO, 2002). O baixo índice de pegamento dos botões florais e, conseqüentemente, de produção de frutos por árvore é relatado também por Ribeiro et al. (1981), Braga Filho (2003), Cavalcante et al. (2008) e Melo et al. (2015).

Apesar da grande demanda pelos frutos, são escassos relatos de cultivo da espécie. A mesma apresenta alguns empecilhos, dentre eles, a sua semente, que apresenta profunda dormência, provavelmente ligada à imaturidade do embrião. Suas sementes podem levar cerca de 200 dias para iniciar a germinação, mesmo em condições de viveiro (RIZZINI, 1971; VIEIRA et al., 2016). Com isso, é provável que as sementes pouco germinem em condições naturais devido ao longo período seco, de cinco a seis meses, que ocorre logo após a frutificação dessa espécie em seus habitats naturais (RIZZINI, 1971; VIEIRA et al., 2016).

A dormência se deve à falta de giberelina, sendo que com uso dessa, pode-se conseguir germinação aos 36 dias após a sementeira (MELO, 1993;

VIEIRA et al., 2016). A dormência parece ter papel fundamental no estabelecimento da espécie no Cerrado, fazendo com que a semente germine somente após nove meses, ou seja, no início da próxima estação chuvosa, período propício para a sobrevivência das plântulas (OLIVEIRA, 1998). Existem alguns estudos com objetivo de aumentar a taxa de germinação, muitos deles associam a dormência das sementes à falta de giberelina (GA<sub>3</sub>). Em tais trabalhos, o método que associa escarificação mecânica e imersão em GA<sub>3</sub> tem apresentado redução significativa do tempo e aumento na taxa de germinação, no entanto, ainda apresentam tempo médio de aproximadamente 90 dias (PEREIRA et al., 2004).

Neste cenário, a necessidade de incremento nos trabalhos de pesquisa com *A. crassiflora* é relevante, de modo a possibilitar o cultivo em escala comercial. Atualmente, no que tange à genética dessa espécie, há vários trabalhos publicados sobre avaliação da diversidade genética de populações naturais por meio de marcadores moleculares (ALMEIDA JÚNIOR, 2015; ALMEIDA JÚNIOR et al., 2015; BLANCO et al., 2007; COLLEVATTI et al., 2014; COTA et al., 2015; FERREIRA, 2011; GOUVEIA, 2011; PIRES, 2011; TELLES et al., 2003) e também sobre diversidade morfológica e físico-química de frutos também procedentes de populações naturais (BRAGA FILHO, 2014b; COHEN et al., 2010; EGYDIO et al., 2007; MACHADO et al., 2016; PIMENTA et al., 2014; PIRES, 2011; SOUSA, 2016). Entretanto, são escassos estudos ligados ao melhoramento genético de *A. crassiflora*, sendo que o único relato encontrado foi sobre polinização artificial (CAVALCANTE et al., 2009). A avaliação da variabilidade genética de testes de procedências e progênes é

relevante, seja em fase de mudas em viveiro ou de plantios já estabelecidos em campo.

### **3.4 Objetivo geral**

Caracterizar a variabilidade genética de progênies de populações naturais de *Araticum* por caracteres juvenis em viveiro.

#### **3.4.1 Objetivos específicos**

- Descrever, por meio de caracteres morfométricos as progênies de *A. crassiflora* provenientes das quatro populações amostradas.

- Avaliar a diversidade genética por meio de análise de variância, de dissociação (análise de cluster), e análise de deviance das progênies utilizando dados morfométricos.

- Estimar os componentes de variância e parâmetros genéticos para *A. crassiflora*.

- Estimar possíveis ganhos na seleção para fins de formação de pomares de sementes por mudas.

### **3.5 Material e Métodos**

#### **3.5.1 Amostragem de Matrizes, Coleta e Beneficiamento de Sementes**

Durante o mês de março de 2017 realizou-se o processo de amostragem de matrizes em ambientes florestais conservados do Distrito Federal, do município de Planaltina, estado de Goiás e Buritis, estado de Minas Gerais.

As regiões de amostragem foram principalmente caracterizadas por vegetação de Cerrado típico (*sensu stricto*), mas em todas as regiões, havia áreas próximas de vegetação degradada, principalmente para fins de agricultura, pecuária e estradas.

Ao todo foram coletadas sementes de 73 matrizes com frutos em 4 populações, tendo como critério de amostragem a sanidade da árvore, distância mínima de 50 metros entre matrizes, e produção de sementes no ano de coleta.

Após a coleta dos frutos das árvores, os mesmos foram acondicionados em bandejas plásticas individualizados por matriz, com suas respectivas identificações, e mantidos em local arejado à sombra para pré-secagem. Em seguida, o material foi exposto ao sol para abertura dos frutos e remoção das sementes por trilhagem em peneiras, as quais foram separadas das impurezas e armazenadas em câmara fria (2-8°C) até o momento adequado para semeadura.

### **3.5.2 Instalação de Teste de Progênes em Viveiro**

Devido a dormência endógena das sementes de *A. crassiflora* (RIZZINI, 1971; 1973) realizou-se um tratamento de superação da mesma que consistiu em:

- Escarificação mecânica do tegumento
- Imersão em solução aquosa de ácido giberélico (GA<sub>3</sub>) na concentração de 2g/l por 72 horas (Figura 3.1), conforme sugerido por Pereira et al. (2004).



**Figura 3.1.** Sementes de *Annona crassiflora* sob tratamento para superação de dormência via escarificação (esquerda) e posterior imersão em ácido giberélico (GA<sub>3</sub>) (direita).

No mês de maio do ano de 2017 foi instalado o teste de progênies para avaliação do desenvolvimento das mudas. O experimento foi realizado no viveiro florestal da Fazenda Água Limpa da Universidade de Brasília em Brasília, DF, localizado a 15° 94' 86" Latitude Sul e 47° 93' 40" Longitude Oeste, 867 metros de altitude. Os dados meteorológicos do período do teste de progênies podem ser observados no Quadro 3.1.

**Quadro 3.1.** Dados meteorológicos do local de instalação do teste de progênies nos meses de maio de 2017 a fevereiro de 2018.

Variável	Ano									
	2017							2018		
Mês	mai	jun	jul	ago	set	out	nov	dez	jan	fev
Temperatura máxima(°C)	27,5	26,5	24,6	29,9	28,8	31,8	27,8	27,4	28,5	28,4
Temperatura mínima (°C)	13,1	10,9	8,3	8,9	9,9	13,8	17,0	17	15,7	15,7
Temperatura média (°C)	19,6	18,2	16,3	19,2	19,9	22,7	21,3	21,2	21,3	21,0
Precipitação pluviométrica (mm)	35,6	0,0	0,0	0,0	11,4	47,0	190,4	168,2	118,2	126,6
Número de dias de chuva	4	1	0	0	3	6	24	21	19	18
Umidade relativa (%)	78,8	72,3	63,7	55,0	53,7	57,5	83,1	84,7	80,1	81,9

Fonte: Laboratório de Agroclimatologia – Faculdade de Agronomia e Veterinária UnB (2018)

O delineamento utilizado foi em blocos casualizados (DBC) onde cada bloco é composto por 15 mudas (parcela) de cada uma das 73 matrizes com 4 repetições (blocos), perfazendo um total de 4380 mudas (Figura 3.2).

Bloco A

	Pop1								Pop4
	M1	M2	M3	M4	M5	M6	M7	....	M73
1	1	1	1	1	1	1	1	...	1
2								...	
3								...	
4								...	
5								...	
6								...	
7								...	
8								...	
9								...	
10								...	
11								...	
12								...	
13								...	
14								...	
15	15	15	15	15	15	15	15	...	15

**Figura 3.2.** Representação esquemática de um dos blocos do DBC do presente trabalho, dispondo de 15 mudas por linha do canteiro. Pop= população; M=matriz de uma dada população.

A semeadura foi realizada em sacos plásticos para mudas (12 x 25 x 0,1 cm), duas sementes por recipiente, com a utilização de substrato padrão do viveiro (2 partes de latossolo e 1 parte de adubo bovino curtido) adicionando-se 250 g de adubo de liberação lenta Osmocote® 18:5:9 para cada porção de 25 Kg de substrato (Figura 3.3). Os canteiros foram irrigados por aspersão durante 10 minutos duas vezes ao dia, e 15 minutos 3 vezes ao dia nos meses mais secos (junho a agosto), a pleno sol.



**Figura 3.3.** Aspecto dos canteiros utilizados no teste de progênies de *Annona crassiflora* antes da semeadura.

### 3.5.3 Coleta de dados primários

Os dados coletados classificados como primários estão descritos no Quadro 3.2 a seguir.

**Quadro 3.2.** Descrição dos dados primários coletados no teste de progênies de *Annona crassiflora*.

Variável	Descrição	Unidade	Tempo de avaliação
M100SEM	massa de 100 sementes	g	0
IVE	índice de velocidade de emergência	adimensional	150-180-210-240 dias
%Emergência	Porcentagem de emergência por parcela	%	240 dias
A1	altura total na primeira avaliação	cm	270 dias
A2	altura total na segunda avaliação	cm	330 dias
D1	diâmetro do coleto na primeira avaliação	mm	270 dias
D2	diâmetro do coleto na segunda avaliação	mm	330 dias
AF	área foliar	cm <sup>2</sup>	270 dias
NF	número de folhas	unidades	270 dias
NR	número de raízes	unidades	330 dias
MAS	massa seca da parte aérea	g	330 dias
MSR	massa seca da raiz	g	330 dias

A massa de 100 sementes foi medida em balança analítica de precisão 0,001 g, em uma amostra contendo 100 sementes por matriz.

Para o cálculo do IVE foram consideradas emergidas as plântulas com os cotilédones dispostos totalmente fora do substrato dos sacos. Esta avaliação foi realizada a cada 30 dias durante três meses. A partir destas informações foi realizado o cálculo do Índice de Velocidade de Emergência (MAGUIRE, 1962) utilizando-se a seguinte relação:

$$IVE = \sum_i^j \frac{N_{ij}}{D_{ij}}$$

Em que:

$IVE$  = índice de velocidade de emergência

$N_{ij}$  = número de sementes emergidas no período

$D_{ij}$  = dia da contagem

A avaliação do diâmetro do coleto e altura das mudas foi realizada duas vezes, a primeira aos 270 dias de instalação e a segunda 60 dias depois da primeira. Para a medição de diâmetro do coleto utilizou-se paquímetro digital de precisão 0,01 mm, e para medição da altura uma régua graduada. O número de folhas foi obtido por contagem direta aos 270 dias de experimento.

A área foliar foi calculada a partir das medidas de comprimento (CF) e largura (LF) da terceira folha a partir da gema apical. O produto CF x LF foi utilizado como variável explicativa numa reta de regressão feita a partir de 10 observações da área das folhas utilizando o software Excel (Microsoft Office, 2010). As observações de área foliar foram obtidas por meio da projeção da área das folhas reais em papel de gramatura homogênea e posterior pesagem. As massas obtidas foram multiplicadas pela densidade conhecida do papel (0,0079 g/cm<sup>2</sup>). A reta de regressão obtida foi:

$$y = 0,68x + 3,658 \text{ com } R^2 = 0,95 \text{ onde,}$$

“y” é a área foliar e “x” é produto CF x LF.

Isso indica que o modelo foi satisfatório pois 95% do valor da área foliar foi explicado pelo efeito do produto CF x LF.

Após decorridos 330 dias do teste de progênies as mudas foram removidas para retirada do substrato aderido as raízes. Com o material livre de

resíduos foi realizada a contagem das raízes secundárias de cada muda. O sistema radicular foi separado da parte aérea e ambos foram armazenados em sacos de papel para pré-secagem a temperatura ambiente. O material foi posteriormente acondicionado em estufa de ventilação forçada a 75° C até obtenção de massa constante (72 horas), quando foi então pesado em balança analítica.

### 3.5.4 Cálculo de dados secundários

De posse dos dados primários coletados foram calculados os dados secundários como descritos no Quadro 3.3 abaixo.

**Quadro 3.3.** Descrição dos dados secundários calculados no teste de progênies de *Annona crassiflora*.

Variável	Descrição	Unidade
A2-A1	incremento em altura	cm
D2-D1	incremento em diâmetro do coleto	mm
A1/D1	relação entre altura e diâmetro do coleto na primeira avaliação	cm/mm
A2/D2	relação entre altura e diâmetro do coleto na segunda avaliação	cm/mm
MST	massa seca total	g
MSA/MSR	relação entre massa seca da parte aérea e da raiz	adimensional

*Incrementos periódicos:* devido à diferença no tempo de germinação de cada muda foram realizados os cálculos de incremento periódico de altura e

diâmetro do coleto entre as duas avaliações realizadas (270 e 330 dias). Este cálculo foi realizado com o intuito de amenizar o efeito da germinação desigual.

*Relações entre altura e diâmetro do coleto:* esta relação indica um índice de qualidade onde mudas que apresentam uma menor relação altura/diâmetro apresentam uma melhor qualidade da muda, o que reflete diretamente no sucesso do estabelecimento das mesmas em campo.

*Relação massa seca da parte aérea e massa seca da raiz:* a relação entre as massas seca e radicular exprime outro índice de qualidade das mudas onde quanto menor for o valor do índice maior será o desenvolvimento do sistema radicular, que apresenta implicações diretas na sobrevivência da mesma em campo.

### **3.5.5 Análise de Variância**

Na Análise de Variância, os parâmetros genéticos são obtidos pela decomposição dos quadrados médios com base nas suas esperanças matemáticas, resultando nos componentes de variância estimados.

Esta análise foi utilizada para avaliar se os dados morfométricos diferiam em relação aos blocos do experimento e à cada população. Para isso, o modelo matemático empregado foi:

$$Y_{ij} = \mu + \tau_i + \varepsilon_{ij} \quad i = 1, \dots, I \text{ e } j = 1, \dots, J$$

em que:  $Y_{ij}$  é a observação do  $i$ -ésimo tratamento na  $j$ -ésima unidade experimental ou parcela;  $\mu$  é o efeito constante (média geral);  $\tau_i$  é o efeito do  $i$ -ésimo tratamento;  $\varepsilon_{ij}$  é o erro associado ao  $i$ -ésimo tratamento na  $j$ -ésima

unidade experimental ou parcela assumido como:  $\varepsilon_{ij} \text{ IID } \sim N(0, \sigma^2)$ . Aqui, IID significa que os erros devem ser independentes e identicamente distribuídos.

Para esse estudo, foram avaliados dois tratamentos: bloco e população, ambos como efeitos fixos, além do intercepto e da interação entre os tratamentos. A homogeneidade das variâncias foi avaliada pelo Teste de Levene. Também foi testado o ajuste do modelo (teste da falta de ajuste).

O teste de Tukey foi empregado quando houve diferença estatisticamente significativa entre as médias das populações.

### **3.5.6 Análise de Deviance**

Os parâmetros genéticos também podem ser estimados por meio do procedimento de modelos mistos: Máxima Verossimilhança Residual/Melhor Predição Linear Não Viciada (*Restricted Maximum Likelihood/Best Linear Unbiased Prediction* – REML/BLUP) (RESENDE, 2007a; 2007b). Nos estudos de seleção de plantas, o procedimento de máxima verossimilhança restrita é bastante utilizado por apresentar estimativas mais acuradas para dados desbalanceados. Para este caso, o teste de significância recomendado é o teste da razão de verossimilhança (LRT) e a Análise de Deviance (ANADEV) e é estabelecida pelos seguintes passos: a) obtenção do logaritmo do ponto de máximo da função de verossimilhança residual (L) para modelos com e sem o efeito a ser testado; b) obtenção da deviance  $D = -2 \text{ Log } L$  para modelos com e sem o modelo a ser testado; c) cálculo da diferença entre as deviances para modelos sem e com o efeito a ser testado, obtendo a razão de verossimilhança

(LR); d) teste, via LRT, da significância da diferença usando o teste qui-quadrado com 1 grau de liberdade (RESENDE, 2007a)

### **3.5.7 Estimativa de componentes de variância**

Foi utilizada a avaliação de indivíduos em progênies de meio irmãos (ou polinização aberta em espécies alógamas) por meio de experimento no delineamento em blocos casualizados, com o programa Selegen-Reml/Blup (RESENDE, 2006). Para tal o modelo estatístico:  $y = Xr + Za + Wp + Ts + e$ , onde “y” é o vetor de dados, “r” é o vetor dos efeitos de repetição (assumidos como fixos) somados à média geral, “a” é o vetor dos efeitos genéticos aditivos individuais (assumidos como aleatórios), “p” é o vetor de efeitos de parcela (assumidos como aleatórios) “s” é o vetor de efeitos de população ou procedências (aleatórios) e “e” é o vetor de erros ou resíduos (aleatórios). As letras maiúsculas representam as matrizes de incidência para os referidos efeitos.

Os componentes de variância estimados foram:  $V_a$  – variância genética aditiva;  $V_{\text{parc}}$  – variância ambiental entre parcelas;  $V_{\text{proc}}$  – variância genética entre populações e procedências;  $V_e$  – variância residual;  $V_f$  – variância fenotípica individual;  $h^2_a$  - herdabilidade individual no sentido restrito;  $C^2_{\text{parc}}$  – coeficiente de determinação dos efeitos de parcelas;  $C^2_{\text{proc}}$  – coeficiente de determinação dos efeitos de populações;  $CV_{gi}\%$  - coeficiente de variação genética aditiva individual;  $CV_{gp}\%$  - coeficiente de variação genotípica entre progênies e  $CV_e\%$  - coeficiente de variação residual (RESENDE, 2007a; 2007b).

Para observação do desempenho das populações com base na análise simultânea de caracteres, foi utilizado o índice de seleção de Mulamba e Mock (1978). Esse índice consiste em classificar as populações, em relação a cada uma das características, em ordem favorável ao melhoramento. Cabe ressaltar que para todas as características avaliadas quanto maior seu valor obtido nas mensurações melhor, exceto a relação MSA/MSR em que quanto menor seu valor, melhor a qualidade da muda. As ordens referentes às características são somadas para cada população, obtendo-se a soma de postos. Assim, quanto menor for o valor obtido na soma de postos, melhor é o desempenho da população, em relação às várias características avaliadas (CRUZ et al., 2004).

### **3.5.8 Estimativa de correlações genéticas e fenotípicas**

Medidas de correlação genética foram avaliadas por meio do coeficiente de correlação de Pearson ( $r$ ). O coeficiente de correlação de Pearson é uma estatística que fornece uma mensuração normalizada livre de fatores de escala da associação linear entre duas variáveis, e é dado por:

$$r = \frac{\sum(xi - \bar{x})(yi - \bar{y})}{\sqrt{(\sum(xi - \bar{x})^2)(\sum(yi - \bar{y})^2)}}$$

Em que  $r$  é o coeficiente de correlação de Pearson entre as variáveis  $x$  e  $y$ . O coeficiente varia de -1 a +1, sendo que correlações positivas indicam que as variáveis variam na mesma direção e correlações negativas indicam que as variáveis variam em direções opostas. Variáveis estatisticamente independentes têm expectativa de correlação igual a zero.

### 3.6 Resultados

A germinação das sementes de *A. crassiflora* em viveiro teve início a partir do 85º dia de semeadura (Figura 3.4). A germinação lenta da espécie já foi relatada em outros trabalhos, porém pode ocorrer ainda nos primeiros 40 dias de semeadura (BRAGA FILHO et al., 2014a).



**Figura 3.4.** Aspecto da germinação de *Annona crassiflora* decorridos 85 dias da implantação do teste de progênies.

Após 270 dias, foram contabilizadas 1296 mudas germinadas de um total de 4380 sementes plantadas, representando 29,6% de germinação. Com isso, iniciaram-se as medidas dos dados morfométricos das mudas (Figura 3.5), como já relatado no Quadro 1. Após 60 dias foram realizadas novas

medidas para altura e diâmetro do coleto e em seguida, as mudas foram secas em estufa para realizar a pesagem da biomassa (Figura 3.6).



**Figura 3.5.** Aspecto geral de muda de *Annona crassiflora* aos 270 dias de instalação do teste de progênies.



**Figura 3.6.** Aspecto da muda de *Annona crassiflora* após secagem em estufa.

A análise descritiva das 17 variáveis morfométricas é mostrada na Tabela 3.1. As mudas oriundas da população da FAL – DF foram as que apresentaram a maior média da Altura 1, Diâmetro do coleto 1, Número de folhas, Altura 2, MSR e NR, além da menor média para MSA/MSR que indica bom desenvolvimento da raiz. As mudas oriundas da população de Planaltina – GO apresentaram a maior média para Área foliar, Diâmetro do coleto 2, D2-D1, MSA e MST. Já as mudas oriundas da população de Buritis - MG foram as que apresentaram a maior média de A2-A1, %Emergência e IVE. As mudas da população de Sobradinho apresentaram menores médias para A1/D1 e A2/D2, o que indica boa qualidade das mudas para plantio em campo.

**Tabela 3.1.** Análise descritiva dos dados morfométricos de progênies de *Annona crassiflora* oriundas de 4 populações de cerrado do Brasil Central, 2017.

	População	N	Média	Desvio Padrão	Coefficiente de Variação	Mínimo	Máximo
Altura 1 (cm)	Sobradinho	191	8,12	2,05	25,28	4,10	13,90
	FAL	265	8,67	2,48	28,60	4,30	19,80
	Planaltina	348	8,59	2,72	31,66	3,20	16,80
	Buritis	492	8,45	2,51	29,74	3,10	15,20
	Total	1296	8,48	2,51	29,53	3,10	19,80
Diâmetro coleto 1 (mm)	Sobradinho	191	4,82	1,54	32,00	2,14	8,59
	FAL	265	4,83	1,54	31,97	2,75	10,71
	Planaltina	348	4,72	1,61	34,11	1,99	10,17
	Buritis	492	4,40	1,23	27,94	2,05	8,07
	Total	1296	4,64	1,46	31,54	1,99	10,71
N° de folhas	Sobradinho	191	6,87	2,03	29,60	3,00	12,00
	FAL	265	7,26	1,96	26,95	3,00	13,00
	Planaltina	348	6,96	2,28	32,77	1,00	12,00
	Buritis	492	6,91	2,09	30,21	3,00	12,00
	Total	1296	6,99	2,11	30,19	1,00	13,00
Área foliar (cm²)	Sobradinho	191	12,12	4,41	36,35	5,30	25,40
	FAL	265	14,29	6,22	43,50	6,55	40,21
	Planaltina	348	14,72	7,25	49,25	4,68	45,65
	Buritis	492	12,07	4,77	39,55	4,37	30,79
	Total	1296	13,24	5,91	44,65	4,37	45,65
Altura 2 (cm)	Sobradinho	191	10,83	2,66	24,60	5,70	18,50
	FAL	265	11,64	3,69	31,75	5,20	33,10
	Planaltina	348	11,57	3,90	33,74	5,10	28,10
	Buritis	492	11,48	3,56	31,01	4,70	22,60
	Total	1296	11,44	3,57	31,25	4,70	33,10
Diâmetro coleto 2 (mm)	Sobradinho	191	5,72	2,02	35,32	2,24	11,77
	FAL	265	5,80	1,93	33,35	2,46	11,63
	Planaltina	348	5,83	2,24	38,45	2,14	13,42
	Buritis	492	5,29	1,87	35,26	1,94	11,09
	Total	1296	5,60	2,02	36,09	1,94	13,42
A1/D1	Sobradinho	191	1,77	0,45	25,42	0,98	3,76
	FAL	265	1,85	0,42	22,41	0,84	3,88
	Planaltina	348	1,88	0,45	23,83	0,65	3,48
	Buritis	492	1,95	0,40	20,67	0,77	3,35
	Total	1296	1,88	0,43	22,76	0,65	3,88
A2/D2	Sobradinho	191	2,03	0,59	28,88	0,91	3,93
	FAL	265	2,11	0,61	29,03	0,98	4,25
	Planaltina	348	2,10	0,62	29,25	0,82	4,30
	Buritis	492	2,30	0,70	30,57	0,88	5,12
	Total	1296	2,17	0,65	30,13	0,82	5,12

Continua

	População	N	Média	Desvio Padrão	Coefficiente de Variação	Mínimo	Máximo
A2-A1	Sobradinho	191	2,70	1,08	40,02	0,60	6,40
	FAL	265	2,97	1,86	62,62	-2,00	13,80
	Planaltina	348	2,98	1,64	54,91	-0,30	11,30
	Buritis	492	3,03	1,53	50,36	-0,70	9,00
	Total	1296	2,96	1,58	53,37	-2,00	13,80
D2-D1	Sobradinho	191	0,90	1,16	128,38	-1,98	4,72
	FAL	265	0,97	0,84	87,37	-1,23	3,59
	Planaltina	348	1,11	1,03	93,00	-0,90	5,65
	Buritis	492	0,89	1,25	140,43	-2,01	5,11
	Total	1296	0,97	1,11	114,67	-2,01	5,65
MSA (g)	Sobradinho	191	0,83	0,40	49,03	0,19	2,39
	FAL	265	1,31	0,95	72,31	0,33	6,93
	Planaltina	348	1,92	1,44	74,99	0,33	10,54
	Buritis	492	1,16	0,67	57,63	0,12	4,04
	Total	1296	1,35	1,04	76,97	0,12	10,54
MSR (g)	Sobradinho	191	0,29	0,21	73,48	0,05	1,39
	FAL	265	1,01	0,52	52,08	0,07	3,16
	Planaltina	348	0,55	0,48	87,61	0,09	3,82
	Buritis	492	0,40	0,27	67,28	0,08	2,24
	Total	1296	0,55	0,46	84,03	0,05	3,82
MSA/MSR	Sobradinho	191	3,79	2,29	60,59	0,58	12,09
	FAL	265	1,52	1,15	75,37	0,28	8,00
	Planaltina	348	4,46	2,57	57,59	0,30	15,93
	Buritis	492	3,51	2,04	58,19	0,60	10,29
	Total	1296	3,40	2,33	68,63	0,28	15,93
MST (g)	Sobradinho	191	1,12	0,52	46,79	0,24	3,53
	FAL	265	2,32	1,19	51,45	0,63	8,86
	Planaltina	348	2,47	1,69	68,46	0,50	12,84
	Buritis	492	1,57	0,82	52,54	0,20	5,72
	Total	1296	1,90	1,27	66,85	0,20	12,84
NR	Sobradinho	191	16,32	9,53	58,41	3,00	44,00
	FAL	265	21,78	9,02	41,41	6,00	91,00
	Planaltina	348	18,47	7,14	38,69	6,00	39,00
	Buritis	492	17,28	8,35	48,33	4,00	51,00
	Total	1296	18,38	8,57	46,65	3,00	91,00
%Emergência	Sobradinho	40	32,08	7,44	23,18	1,18	60,00
	FAL	48	36,81	10,74	29,18	1,55	66,67
	Planaltina	60	38,67	12,74	32,96	1,65	73,33
	Buritis	84	39,05	10,09	25,85	1,10	66,67
	Total	232	37,28	10,83	29,04	0,71	73,33
IVE	Sobradinho	40	0,83	0,28	33,62	0,04	1,53
	FAL	48	0,99	0,66	66,93	0,10	2,52
	Planaltina	60	0,85	0,41	48,70	0,05	3,21
	Buritis	84	1,04	0,63	60,19	0,07	2,88
	Total	232	0,94	0,54	57,58	0,04	3,21

A fim de avaliar a diferença dos caracteres morfométricos entre as populações, foi realizada uma Análise de Variância para cada variável dependente, considerando um modelo fatorial com dois efeitos fixos: bloco e população (Tabela 3.2). O teste da falta de ajuste não rejeitou a hipótese nula de adequação do modelo para nenhuma variável. Observa-se que não houve diferença estatisticamente significativa entre os blocos para as 17 variáveis, o que indica que a casualização e o ensaio experimental foram adequados para a análise da diversidade de *A. crassiflora*.

Só houve efeito significativo da interação bloco\*população para a variável MSA/MSR, mas como ela é secundária, isso poderia ocorrer. Para todas as variáveis primárias, não houve efeito da relação entre bloco e população, o que indica que a diferença dos blocos não influenciou no resultado do efeito da população, confirmando novamente a instalação experimental adequada para o estudo.

**Tabela 3.2.** Análise de Variância (modelo fatorial completo) dos dados morfométricos de progênies de *Annona crassiflora* oriundas de 4 populações de cerrado do Brasil Central, 2017.

Variável dependente	Efeito Fixo	Tipo III Soma dos Quadrados	Soma df	Quadrado Médio	Z	Significância
Altura (cm)	Bloco	5,463	3	1,821	0,289	0,833
	População	34,800	3	11,600	1,840	0,138
	Bloco * População	14,344	9	1,594	0,253	0,986
	Erro	8070,305	1280	6,305		
Diâmetro coleto (mm)	Bloco	6,256	3	2,085	0,985	0,399
	População	45,372	3	15,124	7,143	0,000
	Bloco * População	10,077	9	1,120	0,529	0,854
	Erro	2710,014	1280	2,117		
N° de folhas	Bloco	5,803	3	1,934	0,431	0,731
	População	23,384	3	7,795	1,739	0,157
	Bloco * População	2,438	9	0,271	0,060	1,000
	Erro	5738,637	1280	4,483		
Área foliar (cm <sup>2</sup> )	Bloco	179,713	3	59,904	1,784	0,148
	População	1923,321	3	641,107	19,094	0,000
	Bloco * População	145,444	9	16,160	0,481	0,888
	Erro	42977,809	1280	33,576		
Altura 2 (cm)	Bloco	35,260	3	11,753	0,918	0,431
	População	81,305	3	27,102	2,118	0,096
	Bloco * População	39,289	9	4,365	0,341	0,961
	Erro	16382,340	1280	12,799		
Diâmetro coleto 2 (mm)	Bloco	29,424	3	9,808	2,425	0,064
	População	81,339	3	27,113	6,703	0,000
	Bloco * População	13,952	9	1,550	0,383	0,944
	Erro	5177,226	1280	4,045		
A1/D1	Bloco	0,317	3	0,106	0,583	0,626
	População	4,649	3	1,550	8,548	0,000
	Bloco * População	1,276	9	0,142	0,782	0,633
	Erro	232,028	1280	0,181		
A2/D2	Bloco	1,094	3	0,365	0,869	0,457
	População	15,291	3	5,097	12,145	0,000
	Bloco * População	1,207	9	0,134	0,319	0,969
	Erro	537,206	1280	0,420		
A2-A1	Bloco	14,123	3	4,708	1,899	0,128
	População	14,871	3	4,957	1,999	0,112
	Bloco * População	18,554	9	2,062	0,831	0,587
	Erro	3173,875	1280	2,480		
D2-D1	Bloco	9,104	3	3,035	2,495	0,078

Variável dependente	Efeito Fixo	Tipo III Soma dos Quadrados	df	Quadrado Médio	Z	Significância
MSA (g)	População	10,511	3	3,504	2,880	0,055
	Bloco * População	11,963	9	1,329	1,093	0,365
	Erro	1557,070	1280	1,216		
	Bloco	2,050	3	0,683	0,730	0,534
MSR (g)	População	182,931	3	60,977	65,121	0,000
	Bloco * População	7,067	9	0,785	0,839	0,580
	Erro	1198,535	1280	0,936		
	Bloco	0,138	3	0,046	0,299	0,826
MSA/MSR	População	77,155	3	25,718	167,183	0,000
	Bloco * População	0,828	9	0,092	0,598	0,799
	Erro	196,908	1280	0,154		
	Bloco	3,143	3	1,048	0,240	0,869
MST	População	1354,435	3	451,478	103,282	0,000
	Bloco * População	79,867	9	8,874	2,030	0,033
	Erro	5595,264	1280	4,371		
	Bloco	1,765	3	0,588	0,432	0,730
NR	População	324,830	3	108,277	79,438	0,000
	Bloco * População	4,335	9	0,482	0,353	0,957
	Erro	1744,688	1280	1,363		
	Bloco	304,352	3	101,451	1,443	0,228
%Emergência	População	4364,186	3	1454,729	20,697	0,000
	Bloco * População	498,005	9	55,334	0,787	0,628
	Erro	89966,680	1280	70,286		
	Bloco	141,287	3	47,096	0,417	0,741
IVE	População	1468,841	3	489,614	4,334	0,005
	Bloco * População	1053,055	9	117,006	1,036	0,413
	Erro	24403,840	216	112,981		
	Bloco	0,538	3	0,179	0,596	0,618
	População	1,960	3	0,653	2,174	0,092
	Bloco * População	0,433	9	0,048	0,160	0,997
	Erro	64,919	216	0,301		

Observou-se diferença estatisticamente significativa entre as populações para as variáveis Diâmetro do coleto 1, Área foliar, Diâmetro do coleto 2, A1/D1, A2/D2, MSA, MSR, MAS/MSR, MST, NR, %Emergência (Tabela 3.2). Isso indica alta diversidade genética das mudas de *A. crassiflora*. O teste Post Hoc de Tukey foi empregado a fim de se avaliar quais populações apresentaram características morfológicas das mudas estatisticamente distintas (Tabela 3.3).

**Tabela 3.3.** Teste *Post Hoc* de Tukey dos dados morfométricos de progênies de *Annona crassiflora* que apresentaram diferença estatisticamente significativa entre as 4 populações de cerrado do Brasil Central, 2017.

	População	N	Subconjunto			
			1	2	3	4
Diâmetro coleto 1 (mm)	Buritis	492	4,403			
	Planaltina	348		4,723		
	Sobradinho	191		4,820		
	FAL	265		4,830		
	Significância		1,000	0,814		
Área foliar (cm <sup>2</sup> )	Buritis	492	12,069			
	Sobradinho	191	12,123			
	FAL	265		14,288		
	Planaltina	348		14,720		
	Significância		1,000	0,809		
Diâmetro coleto 2 (mm)	Buritis	492	5,291			
	Sobradinho	191		5,724		
	FAL	265		5,796		
	Planaltina	348		5,831		
	Significância		1,000	0,920		
A1/D1	Sobradinho	191	1,769			
	FAL	265	1,854	1,854		
	Planaltina	348		1,882	1,882	
	Buritis	492			1,947	
	Significância		0,082	0,856	0,258	
A2/D2	Sobradinho	191	2,032			
	Planaltina	348	2,105			
	FAL	265	2,112			
	Buritis	492		2,302		

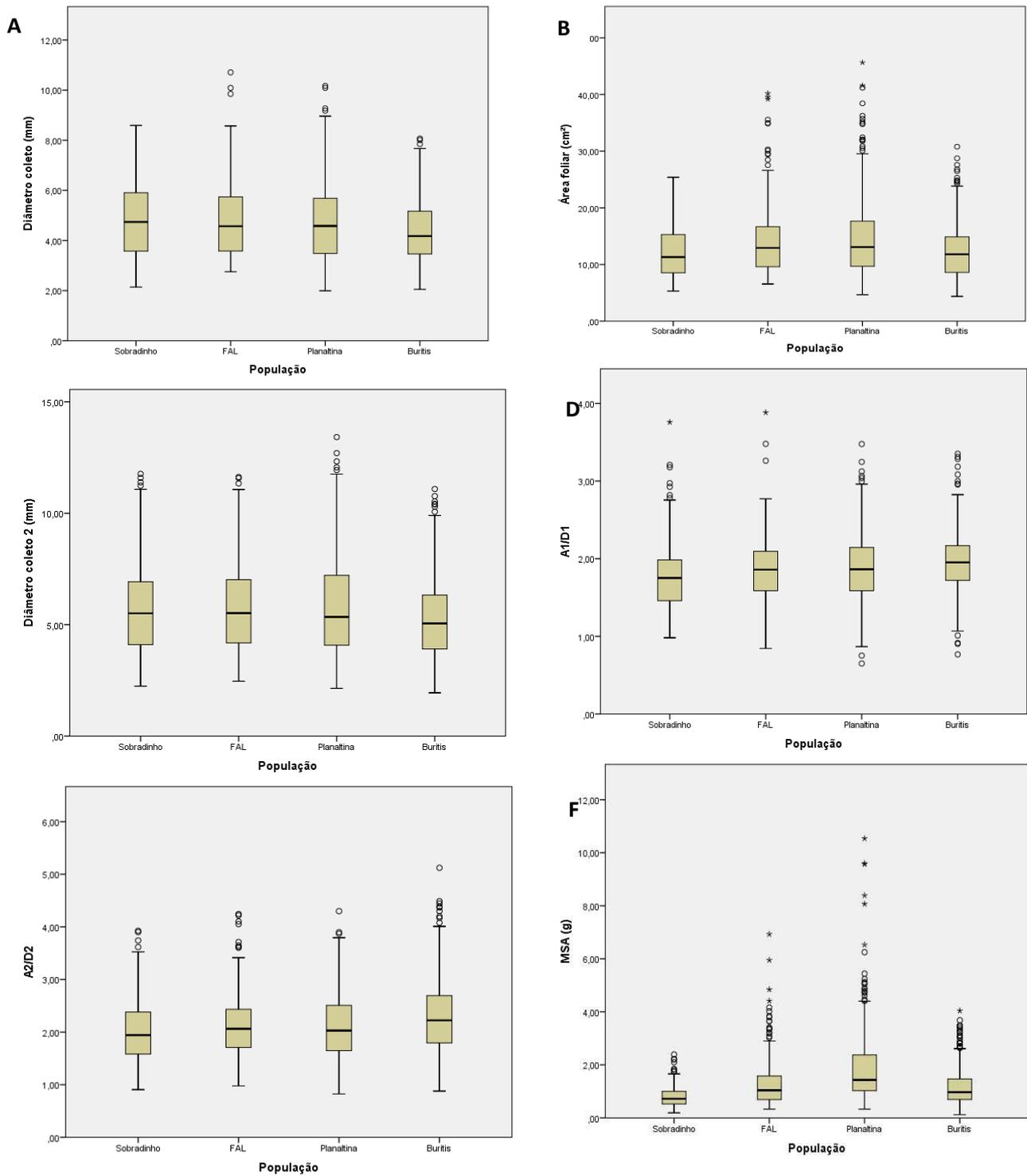
Significância 0,449 1,000

	População	N	Subconjunto			
			1	2	3	4
MSA (g)	Sobradinho	191	0,826			
	Buritis	492		1,162		
	FAL	265		1,312		
	Planaltina	348			1,920	
	Significância		1,000	0,246	1,000	
MSR (g)	Sobradinho	191	0,293			
	Buritis	492		0,404		
	Planaltina	348			0,548	
	FAL	265				1,008
	Significância		1,000	1,000	1,000	1,000
MSA/MSR	FAL	265	1,519			
	Buritis	492		3,506		
	Sobradinho	191		3,786		
	Planaltina	348			4,458	
	Significância		1,000	0,376	1,000	
MST	Sobradinho	191	1,118			
	Buritis	492		1,566		
	FAL	265			2,320	
	Planaltina	348			2,468	
	Significância		1,000	1,000	0,426	
NR	Sobradinho	191	16,325			
	Buritis	492	17,280	17,280		
	Planaltina	348		18,466		
	FAL	265			21,781	
	Significância		0,520	0,327	1,000	
%Emergência	Sobradinho	40	32,083			
	FAL	48	36,806	36,806		
	Planaltina	60		38,667		
	Buritis	84		39,048		
	Significância		0,100	0,694		

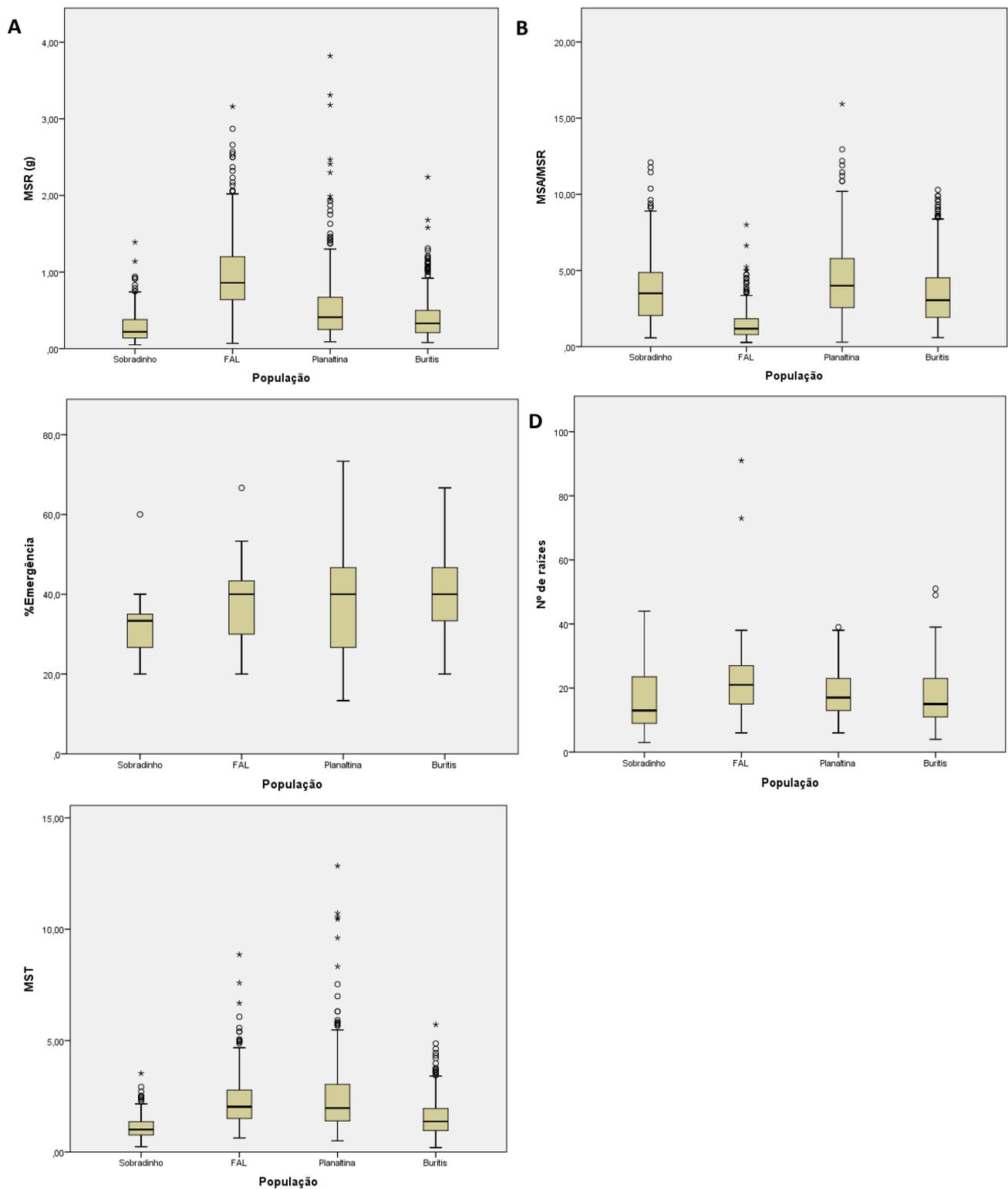
**Legenda:** N = número de observações.

Observa-se que de forma geral, a população de Buritis – MG apresentou características morfométricas diferentes das demais, principalmente nas variáveis: diâmetro do coleto 1 e 2, A2/D2 e área foliar. Houve grande

diversidade para os caracteres de biomassa e a %Emergência foi significativamente menor para a população de Sobradinho. A variação dos valores das variáveis cuja diferença entre as populações foi estatisticamente significativa fica mais evidente nos box-plots abaixo (Figuras 3.7 e 3.8). As diferenças entre as populações foram evidenciadas estatisticamente, mas também é possível indicar alta diversidade entre as populações com o excesso de dados discrepantes dentro das populações marcados por círculos e asteriscos nos diagramas de caixa.



**Figura 3.7.** Box-plot das variáveis diâmetro do coleto (mm) (A), área foliar (cm<sup>2</sup>) (B), diâmetro do coleto 2 (mm) (C), A1/D1 (D), A2/D2 (E) e MSA (g) (F) de progênies de *Annona crassiflora* que apresentaram diferença estatisticamente significativa entre as quatro populações de cerrado do Brasil Central, 2017.



**Figura 3.8.** Box-plot das variáveis MSR (g) (A), MSA/MSR (B), MST (g) (C), Número de raízes (D) e Porcentagem de emergência (E) de progênies de *Annona crassiflora* que apresentaram diferença estatisticamente significativa entre as quatro populações de cerrado do Brasil Central, 2017.

A análise de diversidade genética, Análise de Deviance (ANADEV), permite a análise de modelos mistos para dados desbalanceados com maior precisão do que a obtida na Análise de Variância. Na Análise de Deviance utiliza-se o teste de significância pelo teste da razão de verossimilhança (LRT). É possível assim, avaliar a diversidade genética entre e dentro de populações. Observa-se que não houve significância estatística para efeito de parcela em nenhuma variável mensurada, indicando correta instalação experimental (Tabela 3.4). Esse resultado é similar ao efeito de bloco na análise de variância. Significância estatística para efeito de parcela indicaria alta variação dentro da progênie, e como são todos meios-irmãos, essa diferença não é esperada.

Nas análises de *deviances* foram observados efeitos significativos de procedências de *A. crassiflora* pelo teste de LRT, a 5% de probabilidade, para a maioria das características como área foliar, diâmetro do coleto 2, A1/D1, A2/D2, A2-A1, D2-D1, MSA, MSA/MSR, MST e número de raízes (Tabela 3.4). Para as demais características não foi observado efeito significativo de procedências. Esses resultados evidenciam alta diversidade entre populações.

Efeitos significativos de progênies foram obtidos nas análises de *deviances* pelo teste de LRT, a 5% de probabilidade, para as características: altura, diâmetro do coleto 1, diâmetro do coleto 2, número de folhas, A1/D1 e A2/D2, número de raízes e germinação. Para as demais características não foi observado efeito significativo de progênies. Neste caso, os resultados mostram alta diversidade genética intrapopulacional.

Resultado semelhante foi observado por meio da Análise de variância (Tabela 3.2). Entretanto, algumas características significativas para ANOVA

como diâmetro do coleto, MSR e os incrementos, não o foram na ANADEV, o que pode ser devido à melhor estimação no modelo de deviance por considerar de forma mais acurada os dados desbalanceados do experimento.

**Tabela 3.4.** Análise de Deviance dos dados morfométricos de progênies de *Annona crassiflora* oriundas de quatro populações de cerrado do Brasil Central, 2017.

Variável	Efeito	Deviance	LRT	Significância
Altura (cm)	Populações	3761,35	0	NS
	Progênies	3777,18	15,83	**
	Parcelas	3761,36	0,01	NS
	Modelo completo	3761,35		
Diâmetro coleto (mm)	Populações	2318,36	3,4	NS
	Progênies	2319,45	4,49	*
	Parcelas	2314,96	0	NS
	Modelo completo	2314,96		
Nº de folhas	Populações	3219,05	0	NS
	Progênies	3246,70	27,65	**
	Parcelas	3219,05	0	NS
	Modelo completo	3219,05		
Área foliar (cm <sup>2</sup> )	Populações	5879,17	24,66	**
	Progênies	5854,91	0,4	NS
	Parcelas	5854,49	-0,02	NS
	Modelo completo	5854,51		
Altura 2 (cm)	Populações	4609,35	0	NS
	Progênies	4612,36	3,01	NS
	Parcelas	4609,33	-0,02	NS
	Modelo completo	4609,35		
Diâmetro coleto 2 (mm)	Populações	3140,17	4,75	*
	Progênies	3140,33	4,91	*
	Parcelas	3135,41	-0,01	NS
	Modelo completo	3135,42		
A1/D1	Populações	-424,18	4,87	*
	Progênies	-418,71	10,34	**
	Parcelas	-427,99	1,06	NS
	Modelo completo	-429,05		
A2/D2	Populações	351,04	7,37	**
	Progênies	351,66	7,99	**
	Parcelas	343,69	0,02	NS
	Modelo completo	343,67		
A2-A1	Populações	2180,42	4,43	*

Variável	Efeito	Deviance	LRT	Significância
	Progênies	2176,00	0,01	NS
	Parcelas	2176,02	0,03	NS
	Modelo completo	2175,99		
D2-D1	Populações	295,57	4,74	*
	Progênies	290,80	-0,03	NS
	Parcelas	294,25	3,42	NS
	Modelo completo	290,83		
MSA (g)	Populações	798,49	19,82	**
	Progênies	779,10	0,43	NS
	Parcelas	778,71	0,04	NS
	Modelo completo	778,67		
MSR (g)	Populações	-95,56	0,07	NS
	Progênies	-95,40	0,23	NS
	Parcelas	-95,64	-0,01	NS
	Modelo completo	-95,63		
MSA/MSR	Populações	2978,91	51,7	**
	Progênies	2927,89	0,68	NS
	Parcelas	2929,71	2,5	NS
	Modelo completo	2927,21		
MST	Populações	1411,58	35,54	**
	Progênies	1378,54	2,5	NS
	Parcelas	1376,50	0,46	NS
	Modelo completo	1376,04		
Número de raízes	Populações	6808,34	14,27	**
	Progênies	6812,30	18,23	**
	Parcelas	6794,12	0,05	NS
	Modelo completo	6794,07		
Germinação	Populações	-1544,67	1,54	NS
	Progênies	-1540,51	5,7	*
	Parcelas	-1546,22	-0,01	NS
	Modelo completo	-1546,21		

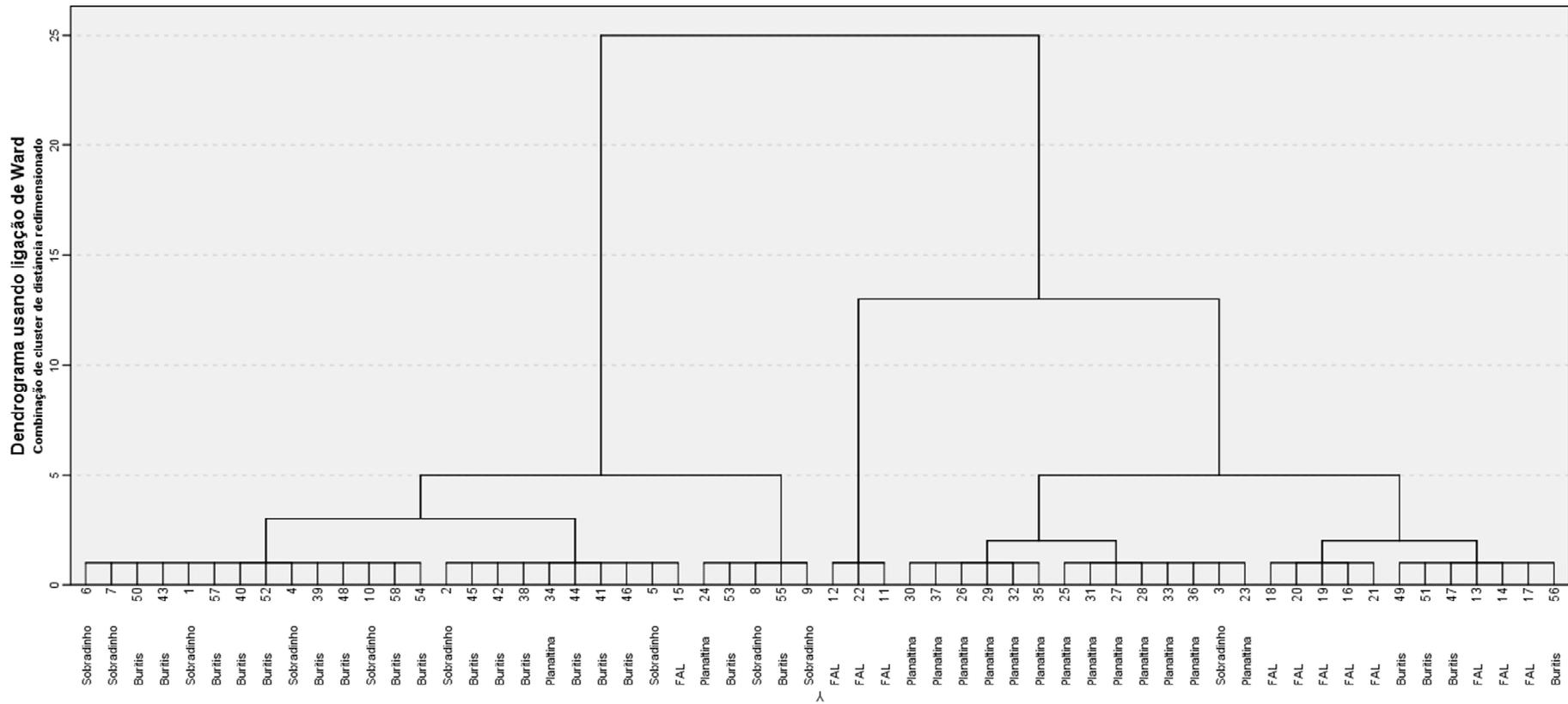
**Legenda:** LRT = Teste de Razão de Verossimilhança; (\*) - estatisticamente significativo a 95% de probabilidade pela Análise de Deviance; (\*\*) - estatisticamente significativo a 99% de probabilidade pela Análise de Deviance; NS - não significativo pela Análise de Deviance.

Com o objetivo de selecionar as melhores mudas para compor um pomar de sementes, das 17 variáveis medidas, foram escolhidas apenas 8 que melhor indicam a qualidade das mudas e que são menos correlacionadas entre si: A2/D2, A2-A1, D2-D2, Área foliar, N<sup>o</sup> de raízes, MSA/MSR, MST e

Germinação. O nível de similaridade entre as matrizes foi avaliado utilizando estes caracteres morfológicos por meio da análise de cluster e a associação entre estas medidas foi avaliada utilizando correlação genética.

O estudo de cluster hierárquico entre as 58 progênies (onde houve germinação) das quatro populações estudadas foi realizado utilizando o método de Ward e distância euclidiana como medida (Figura 3.9). Observa-se o agrupamento de 8 pequenos grupos e dois grandes grupos, sendo que nestes dois grandes grupos há representantes das quatro populações amostradas de *A. crassiflora*. Entretanto, as progênies de Sobradinho e Buritis se mostraram mais agrupadas no primeiro grande cluster e as populações da FAL e de Planaltina se mostraram mais próximas no segundo grande cluster. Isso mostra que, há diversidade entre os caracteres morfométricos, mas com certa diferenciação entre as populações, como já mostrado nas Análises de Variância.

Com base nas distâncias euclidianas para as variáveis, foi possível avaliar que a variável número de raízes foi a que mais contribuiu para a formação dos clusters, contribuindo com 26,83% para a dissimilaridade encontrada nesta análise.



**Figura 3.9.** Dendrograma da análise de clusters hierárquica dos caracteres morfométricos das progêneses frutos de *Annona crassiflora* obtidos em quatro populações de cerrado do Brasil Central, 2017.

A associação entre os caracteres quantitativos foi avaliada por meio de correlação genética (correlação de Pearson). Observa-se correlação estatisticamente significativa para as variáveis A2/D2 e A2-A1, A2/D2 e D2-D1, A2-A1 e MST, Área foliar e MST, MSA/MSR e NR e MST e NR (Tabela 3.5).

**Tabela 3.5.** Correlação genética e fenotípica das principais variáveis de qualidade da muda de 58 progênies de *Annona crassiflora* em 4 populações do Brasil Central.

		A2/D2	A2- A1	D2- D1	AF	MSA/MSR	MST	NR	Germinação	Massa de 100 sementes
A2/D2	r	1	0,426	-0,547	0,023	0,076	-0,031	-0,006	-0,014	0,006
	Sig.		0,001	0,000	0,863	0,569	0,818	0,963	0,919	0,967
	N	58	58	58	58	58	58	58	58	58
A2-A1	r		1	0,016	0,202	0,021	0,284	0,149	0,140	0,205
	Sig.			0,906	0,128	0,874	0,030	0,263	0,294	0,124
	N		58	58	58	58	58	58	58	58
D2-D1	r			1	0,251	0,094	0,230	0,130	0,120	0,152
	Sig.				0,057	0,481	0,083	0,332	0,299	0,255
	N			58	58	58	58	58	58	58
Área foliar (cm <sup>2</sup> )	r				1	-0,061	0,663	0,178	0,046	0,055
	Sig.					0,650	0,005	0,087	0,732	0,680
	N				58	58	58	58	58	58
MSA/MSR	r					1	-0,063	-0,342	0,037	-0,036
	Sig.						0,636	0,009	0,784	0,787
	N					58	58	58	58	58
MST	r						1	0,456	0,055	-0,014
	Sig.							0,004	0,683	0,918
	N						58	58	58	58
NR	r							1	0,120	0,103
	Sig.								0,368	0,442
	N							58	58	58
Germinação	r								1	0,220
	Sig.									0,097
	N								58	58
Massa de 100 sementes	r									1
	Sig.									
	N									58

Na Tabela 3.6 são apresentados os componentes de variância para todas as diferentes características avaliadas para *A. crassiflora*. Observa-se que as estimativas de coeficiente de variação residual (CV<sub>e</sub>%) apresentaram valores de 8 a 34% nas diferentes características.

**Tabela 3.6.** Estimativa de parâmetros genéticos para as principais variáveis de qualidade da muda de 58 progênies de *Annona crassiflora* em quatro populações do Brasil Central.

Componentes de Variância	A1	A2	D1	D2	A1/D1	Número de folhas	MSA	MSR	A2/D2	A2-A1	D2-D1	Área Foliar	Número de raízes	MSA/MSR	MST	Germi nação
V <sub>a</sub>	1,156	0,900	0,195	0,375	0,048	1,120	0,039	0,018	0,054	0,007	0,004	0,720	14,998	0,190	0,120	0,008
V <sub>parc</sub>	0,013	0,026	0,007	0,012	0,005	0,010	0,010	0,001	0,002	0,008	0,048	0,086	0,349	0,162	0,022	0,000
V <sub>proc</sub>	0,001	0,001	0,022	0,051	0,006	0,001	0,088	0,002	0,011	0,031	0,016	1,736	4,826	0,975	0,201	0,001
V <sub>e</sub>	5,424	11,927	1,972	3,716	0,209	3,348	1,043	0,168	0,419	2,185	0,542	32,590	55,138	4,238	1,235	0,226
V <sub>f</sub>	6,594	12,854	2,196	4,153	0,268	4,479	1,180	0,188	0,485	2,230	0,609	35,131	75,312	5,564	1,578	0,235
h <sup>2</sup> <sub>a</sub>	0,175	0,070	0,089	0,090	0,178	0,250	0,033	0,094	0,111	0,003	0,006	0,021	0,199	0,034	0,076	0,034
IC	0,110; 0,241	0,028; 0,112	0,042; 0,136	0,043; 0,137	0,111; 0,245	0,171; 0,329	-0,006; 0,072	-0,040 ; 0,229	0,058; 0,164	-0,006; 0,012	-0,013; 0,025	-0,002; 0,044	0,129; 0,269	0,003; 0,065	0,027; 0,125	0,016; 0,052
C <sup>2</sup> <sub>parc</sub>	0,002	0,002	0,003	0,003	0,020	0,002	0,009	0,003	0,004	0,003	0,078	0,002	0,005	0,029	0,014	0,002
C <sup>2</sup> <sub>proc</sub>	0,000	0,000	0,010	0,012	0,021	0,000	0,075	0,011	0,022	0,014	0,026	0,049	0,064	0,175	0,127	0,003
CV <sub>gi</sub> %	13,394	8,706	10,549	11,880	15,954	15,129	13,605	11,517	13,910	3,166	4,127	6,616	21,009	14,035	20,718	24,201
CV <sub>gp</sub> %	6,697	4,353	5,274	5,940	7,977	7,564	6,802	5,759	6,955	1,583	2,063	3,308	10,505	7,017	10,359	12,101
CV <sub>e</sub> %	8,194	9,933	10,669	11,881	12,149	8,941	22,644	11,291	12,493	16,957	20,861	13,720	13,707	24,126	22,596	33,922
CV <sub>r</sub>	1,63	0,88	0,99	1,00	1,31	1,69	0,60	1,02	1,11	0,19	0,20	0,48	1,53	0,58	0,92	0,71

Legenda: **V<sub>a</sub>** – variância genética aditiva; **V<sub>parc</sub>** – variância ambiental entre parcelas; **V<sub>proc</sub>** – variância genética entre populações e procedências; **V<sub>e</sub>** – variância residual; **V<sub>f</sub>** – variância fenotípica individual; **h<sup>2</sup><sub>a</sub>** - herdabilidade individual no sentido restrito; **C<sup>2</sup><sub>parc</sub>** – coeficiente de determinação dos efeitos de parcelas; **C<sup>2</sup><sub>proc</sub>** – coeficiente de determinação dos efeitos de populações; **CV<sub>gi</sub>%** - coeficiente de variação genética aditiva individual; **CV<sub>gp</sub>%** - coeficiente de variação genotípica entre progênies; **CV<sub>e</sub>%** - coeficiente de variação residual; **CV<sub>r</sub>** – coeficiente de variação relativa; **A1** – altura na primeira avaliação; **A2** – altura na segunda avaliação; **D1** – diâmetro do coleto na primeira avaliação; **D2** – diâmetro do coleto na segunda avaliação; **A1/D1** - Relação entre altura e diâmetro na primeira avaliação (cm/mm); **A2/D2** – Relação entre altura e diâmetro na segunda avaliação (cm/mm); **A2-A1** – Incremento em altura entre duas avaliações (cm); **D2-D1** – Incremento em diâmetro entre duas avaliações (mm); **Área Foliar** (cm<sup>2</sup>); **MSA** – massa seca da parte aérea (g); **MSR** – massa seca da parte radicular (g); **MSA/MSR** – relação entre massa seca da parte aérea e massa seca da parte radicular; **MST** – massa seca total (g).

Valores baixos de herdabilidade indicam forte influência do ambiente na definição do fenótipo. Tal fato aliado à baixa germinação natural da espécie, torna fundamental selecionar os melhores genitores (matrizes) que apresentem mudas com maior chance de sobrevivência e diversidade, afim de obter um pomar de sementes com maior qualidade. Para este fim, e por se tratar de dados precoces coletados em viveiro, foi feita a simulação de seleção da melhor procedência ou população (Tabela 3.7) e dos melhores genitores para todas as 8 principais variáveis morfométricas das progênes: A2/D2 (Tabela 3.8), A2-A1 (Tabela 3.9), D2-D2 (Tabela 3.10), Área foliar (Tabela 3.11), N<sup>o</sup> de raízes (Tabela 3.12), MSA/MSR (Tabela 3.13), MST (Tabela 3.14) e Germinação (Tabela 3.15).

Observa-se que todas as populações apareceram como melhores para seleção de pelo menos um caractere juvenil. A população de Sobradinho foi melhor para o caractere A2/D2; a população da FAL foi a melhor na seleção de A2-A1, Número de raízes e MSA/MSR; a população de Planaltina seria selecionada para os caracteres Área foliar e MST e a população de Buritis foi a melhor em relação à D2-D1 e Germinação.

**Tabela 3.7.** Simulação de seleção genética entre procedências para 8 variáveis para 58 progênies de *Annona crassiflora* em quatro populações do Brasil Central.

Variável	Procedência	g	u + g	Ganho	Nova Média
A2/D2	4 Sobradinho	-0,096	1,573	0,000	1,669
A2-A1	1 FAL	0,109	2,790	0,109	2,790
D2-D1	1 Buritis	0,085	1,579	0,085	1,579
Área Foliar	1 Planaltina	1,304	14,132	1,304	14,132
Número de raízes	1 FAL	2,902	21,336	2,902	21,336
MSA/MSR	4 FAL	-1,333	1,770	0,000	3,102
MST	1 Planaltina	0,488	2,159	0,488	2,159
Germinação	1 Buritis	0,020	0,390	0,020	0,390

**Legenda:** **A2/D2** – Relação entre altura e diâmetro na segunda avaliação (cm/mm); **A2-A1** – Incremento em altura entre duas avaliações (cm); **D2-D1** – Incremento em diâmetro entre duas avaliações (mm); **Área Foliar** (cm<sup>2</sup>); **MSA/MSR** – relação entre massa seca da parte aérea e massa seca da parte radicular; **MST** – massa seca total (g). g = Efeitos Genotípicos; u = média geral; u+g = valores genotípicos preditos.

**Tabela 3.8.** Simulação de seleção genética dos 10 melhores genitores (matrizes) para a variável A2/D2 com fins de produzir um pomar de sementes de *Annona crassiflora* do Brasil Central.

Ordem	Genitor	Procedência	a	Ganho	Nova Média
58	9	Sobradinho	-0,305	0,0222	1,6911
57	34	Planaltina	-0,2726	0,0279	1,6968
56	5	Sobradinho	-0,2578	0,0333	1,7022
55	4	Sobradinho	-0,2465	0,0386	1,7075
54	10	Sobradinho	-0,2439	0,0438	1,7128
53	37	Planaltina	-0,2266	0,0493	1,7182
52	17	FAL	-0,1974	0,0546	1,7235
51	36	Planaltina	-0,1746	0,0595	1,7284
50	16	FAL	-0,1656	0,0642	1,7331
49	30	Planaltina	-0,1055	0,0689	1,7378

**Legenda:** a – valor genético aditivo.

**Tabela 3.9.** Simulação de seleção genética dos 10 melhores genitores (matrizes) para a variável A2-A1 com fins de produzir um pomar de sementes de *Annona crassiflora* do Brasil Central.

Ordem	Genitor		a	Ganho	Nova Média
1	12	FAL	0,127	0,127	2,808
2	15	FAL	0,124	0,125	2,807
3	20	FAL	0,120	0,124	2,805
4	13	FAL	0,119	0,122	2,804
5	22	FAL	0,117	0,121	2,803
6	21	FAL	0,114	0,120	2,802
7	11	FAL	0,104	0,118	2,799
8	44	Buritis	0,103	0,116	2,797
9	52	Buritis	0,102	0,114	2,796
10	18	FAL	0,101	0,113	2,795

**Legenda:** a – valor genético aditivo.

**Tabela 3.10.** Simulação de seleção genética dos 10 melhores genitores (matrizes) para a variável D2-D1 com fins de produzir um pomar de sementes de *Annona crassiflora* do Brasil Central.

Ordem	Genitor		a	Ganho	Nova Média
1	50	Buritis	0,101	0,101	1,594
2	41	Buritis	0,098	0,099	1,593
3	44	Buritis	0,093	0,097	1,591
4	56	Buritis	0,093	0,096	1,590
5	38	Buritis	0,092	0,095	1,589
6	49	Buritis	0,09	0,094	1,588
7	47	Buritis	0,090	0,094	1,588
8	48	Buritis	0,090	0,093	1,587
9	57	Buritis	0,087	0,093	1,586
10	52	Buritis	0,086	0,092	1,586

**Legenda:** a – valor genético aditivo.

**Tabela 3.11.** Simulação de seleção genética dos 10 melhores genitores (matrizes) para a variável Área foliar com fins de produzir um pomar de sementes de *Annona crassiflora* do Brasil Central.

Ordem	Genitor		a	Ganho	Nova Média
1	31	Planaltina	1,780	1,780	14,607
2	25	Planaltina	1,639	1,709	14,537
3	36	Planaltina	1,614	1,678	14,505
4	23	Planaltina	1,541	1,644	14,471
5	12	FAL	1,532	1,621	14,449
6	28	Planaltina	1,493	1,600	14,427
7	33	Planaltina	1,426	1,575	14,403
8	27	Planaltina	1,398	1,553	14,381
9	34	Planaltina	1,343	1,530	14,357
10	26	Planaltina	1,262	1,503	14,330

**Legenda:** a – valor genético aditivo.

**Tabela 3.12.** Simulação de seleção genética dos 10 melhores genitores (matrizes) para a variável Número de raízes com fins de produzir um pomar de sementes de *Annona crassiflora* do Brasil Central.

Ordem	Genitor		a	Ganho	Nova Média
1	11	FAL	11,580	11,580	30,014
2	22	FAL	9,081	10,330	28,764
3	12	FAL	8,588	9,750	28,183
4	56	Buritis	4,160	8,352	26,786
5	31	Planaltina	3,808	7,443	25,877
6	17	FAL	3,731	6,825	25,258
7	13	FAL	3,238	6,312	24,746
8	25	Planaltina	2,987	5,897	24,330
9	14	FAL	2,195	5,485	23,919
10	47	Buritis	2,148	5,152	23,585

**Legenda:** a – valor genético aditivo.

**Tabela 3.13.** Simulação de seleção genética dos 10 melhores genitores (matrizes) para a variável MSA/MSR com fins de produzir um pomar de sementes de *Annona crassiflora* do Brasil Central.

Ordem	Genitor		a	Ganho	Nova Média
58	19	FAL	-1,423	0,036	3,138
57	14	FAL	-1,400	0,061	3,164
56	18	FAL	-1,400	0,088	3,190
55	22	FAL	-1,388	0,115	3,217
54	21	FAL	-1,373	0,142	3,245
53	16	FAL	-1,369	0,171	3,273
52	20	FAL	-1,367	0,201	3,303
51	17	FAL	-1,355	0,231	3,334
50	12	FAL	-1,348	0,263	3,365
49	13	FAL	-1,333	0,296	3,398

**Legenda:** a – valor genético aditivo.

**Tabela 3.14.** Simulação de seleção genética dos 10 melhores genitores (matrizes) para a variável MST com fins de produzir um pomar de sementes de *Annona crassiflora* do Brasil Central.

Ordem	Genitor		a	Ganho	Nova Média
1	23	Planaltina	1,098	1,098	2,769
2	25	Planaltina	0,898	0,998	2,669
3	27	Planaltina	0,733	0,910	2,580
4	36	Planaltina	0,651	0,845	2,516
5	11	FAL	0,562	0,788	2,459
6	12	FAL	0,538	0,747	2,417
7	16	FAL	0,535	0,716	2,387
8	30	Planaltina	0,529	0,693	2,364
9	34	Planaltina	0,522	0,674	2,345
10	37	Planaltina	0,507	0,657	2,328

**Legenda:** a – valor genético aditivo.

**Tabela 3.15.** Simulação de seleção genética dos 10 melhores genitores (matrizes) para a variável Germinação com fins de produzir um pomar de sementes de *Annona Crassiflora* do Brasil Central.

Ordem	Genitor		a	Ganho	Nova Média
1	34	Planaltina	0,169	0,169	0,540
2	39	Buritis	0,139	0,154	0,525
3	31	Planaltina	0,136	0,148	0,519
4	57	Buritis	0,127	0,143	0,513
5	32	Planaltina	0,113	0,137	0,507
6	22	FAL	0,098	0,130	0,501
7	49	Buritis	0,082	0,123	0,494
8	41	Buritis	0,049	0,114	0,485
9	58	Buritis	0,049	0,107	0,478
10	36	Planaltina	0,046	0,101	0,471

**Legenda:** a – valor genético aditivo.

Na Tabela 3.16 são apresentadas as estimativas dos índices de soma de postos para as quatro populações de *A. crassiflora*, com base em nove características que foram significativas quanto aos efeitos de populações na análise de deviance. Observa-se que as populações Sobradinho e Buritis foram melhores classificadas com base no índice, seguidas das populações FAL e Planaltina. Adicionalmente ao exposto na Tabela 3.7, observam-se que todas as quatro populações aparecem como superiores para pelo menos uma característica, evidenciando que todas as procedências podem ser utilizadas afim de manter a diversidade genética e formar um pomar de sementes para *A. crassiflora*.

**Tabela 3.16.** Estimativas dos índices de soma de postos para as quatro populações de *Annona crassiflora* com base em nove características com diferença significativa de procedência.

População	Posto									Soma de postos
	D2	A1/D1	A2/D2	NR	A2-A1	D2-D1	MAS	MAS/MSR	MST	
Sobradinho	3	1	1	2	2	4	3	2	3	21
FAL	2	2	2	3	4	1	2	4	2	22
Planaltina	1	3	3	4	3	3	4	1	4	26
Buritis	4	4	4	1	1	2	1	3	1	21

### 3.7 Discussão

A germinação observada foi lenta (início aos 85 dias) e de baixa magnitude (29,6%). Muito embora existam trabalhos que mostrem a germinação de *A. crassiflora* com menos de 40 dias sob o mesmo tratamento de superação de dormência (BRAGA FILHO et al., 2014a), a germinação sem nenhum tratamento ocorre com mais de 200 dias (RIZZINI, 1971). A taxa de germinação foi semelhante à encontrada em outros trabalhos, cuja variação foi de 28,81% (BRAGA FILHO et al., 2014a) a 39% (MELO, 2005) utilizando tratamento com ácido giberélico. Isso mostra que *A. crassiflora* tem sua conservação delicada visto que além da germinação lenta e de baixa magnitude, seu principal dispersor a Anta (*Tapyrus terrestris*; Mammalia - Tapiridae) é uma espécie animal classificada como “vulnerável” (IUCN, 2017). Uma vez que sua dispersão possa ser comprometida em um futuro próximo, as populações já reduzidas podem ter um aumento na endogamia, devido à proximidade da dispersão de sementes em relação à planta mãe.

A análise de variância e a análise de deviance dos caracteres morfométricos mostra uma grande diversidade dos caracteres avaliados. A

inferioridade das mudas da população de Sobradinho, quanto às variáveis primárias, pode ser vista como fator decisivo de rejeição das matrizes/mudas dessa população para fins de seleção ou conservação. Porém, ao se analisarem os índices entre altura e diâmetro ( $A2/D2$ ) vemos que as mudas dessa população possuem os melhores valores do índice em conjunto com as populações da FAL e Planaltina.

O dendrograma da ligação de Ward apresentou oito grupos distintos levando em consideração as quatro populações amostradas, o que ressalta alta diversidade dos caracteres estudados. Este cenário parece estar intimamente relacionado com as distancias entre as populações pois, no estudo de Ferreira (2011), as oito populações analisadas pela autora foram reduzidas a cinco na análise de cluster ao passo que no trabalho de Pires (2011) os 18 acessos estudados foram agrupados em apenas 3 conjuntos pela análise. Nesses dois estudos algumas distancias entre as populações/acessos eram de menos de 40 km o que pode ter influenciado fortemente a formação dos grupos. No presente trabalho a menor distância entre populações foi de 44 km entre FAL e Sobradinho que mesmo com a proximidade só aparecem juntas em um dos oito grupos formados pelo dendrograma.

Muito embora a diversidade genética encontrada seja grande, nem todos os caracteres são ideais para seleção de um projeto de conservação ou melhoramento, o que reforça o entendimento de que para espécies com diversidade genética significativa entre populações o mais recomendado é utilizar material genético de todas as populações amostradas para fins de conservação.

Muitos estudos sobre diversidade genética de espécies arbóreas mostram que a diversidade é maior dentro das populações estudadas do que entre as mesmas. Como descrito por Hamrick (2004) e observado para populações de *Eugenia uniflora*, em restinga no sudeste do Brasil (MARGIS et al., 2002), espécies arbóreas tendem a apresentar menor variação entre populações, especialmente aquelas com reprodução cruzada e dispersas pelo vento ou animais. Entretanto, estes estudos geralmente são realizados com populações próximas, sem barreira geográfica, diferentemente das populações aqui analisadas. Tal situação não ocorre com *A. crassiflora* como demonstrado por dois trabalhos de diversidade genética utilizando marcadores moleculares. Eles mostraram forte diferenciação genética entre populações no estado de GO (GOUVEIA, 2011) e MG (FERREIRA, 2011) em concordância com o observado neste estudo. Isso pode ser explicado pela fragmentação da vegetação nativa além da dificuldade natural da espécie (dispersão e germinação) de se estabelecer em meio a adversidades ambientais.

Os parâmetros genéticos também ajudam em programas de melhoramento visando conservação. A variância fenotípica individual foi maior que as demais variâncias (genética aditiva, entre parcelas, entre populações e individual) indicando alta diversidade genética e potencial para seleção. Baixos valores de herdabilidade indicam forte influência do meio nos caracteres fenotípicos das progênes, o que corrobora para a hipótese de que *A. crassiflora* é uma espécie sensível a alterações e interferências do meio, como já abordado por Gouveia (2011). Os caracteres que demonstraram maior  $CV_{gp}$  (coeficiente de variação genotípica entre progênes) foram número de raízes, MST e germinação, seguidos pelas relações MSA/MSR e A2/D2 que foram um

pouco menores que os outros três. Estes dados mostram maior variação genética entre as progênies, portanto maior potencial para a seleção, indicando possibilidades de se encontrar indivíduos superiores dentro das famílias para proporcionar ganhos via seleção.

Sabe-se que quanto menor a estimativa do  $CV_e\%$ , maior será a precisão do experimento e, conseqüentemente, maior a qualidade experimental (PIMENTEL GOMES, 1985). Em classificação proposta por Pimentel Gomes (1985), valores de  $CV_e\%$  acima de 10% são considerados altos, refletindo em redução na qualidade experimental. Esse resultado já era esperado em razão da baixa percentagem de germinação das sementes de *A. crassiflora* obtida nesse experimento. Vale também ressaltar que essa classificação é bastante abrangente e não considera as particularidades da espécie avaliada, a natureza do ensaio e, principalmente as características estudadas, o que podem ser relevantes para a correta interpretação das magnitudes dessa medida (GARCIA, 1989).

A baixa percentagem de germinação das sementes contribuiu para as elevadas estimativas de variância residual ( $V_e$ ) em todas as características avaliadas. Assim, a maior parte da variância fenotípica individual ( $V_f$ ) foi explicada pela  $V_e$ . Entretanto, como se trata de progênies de polinização aberta e análise em nível de um único ambiente, observa-se que a  $V_e$  está também inflacionada pelas variâncias de dominância, de epistasia e da interação dos genótipos com o ambiente (VENCOVSKY; BARRIGA, 1992). As estimativas de variância ambiental entre parcelas ( $V_{\text{parc}}$ ) foram de baixa magnitude quando comparadas a  $V_e$ .

As estimativas de variância genética aditiva ( $V_a$ ) foram superiores as estimativas de variância genética entre populações/procedências ( $V_{proc}$ ) para as características altura 1, altura 2, diâmetro do coleto 1, diâmetro do coleto 2, A1/D1, A2/D2, número de folhas, número de raízes e porcentagem de germinação. Por outro lado, as estimativas de  $V_{proc}$  foram maiores que  $V_a$  para as características MSA, MSR, A2-A1, D2-D1, área foliar, MSA/MSR e MST. Entretanto, de maneira geral, as estimativas de  $V_a$  e  $V_{proc}$  foram baixas em relação a  $V_e$ .

As baixas estimativas de  $V_a$  e  $V_{proc}$  podem estar associadas às populações de baixa variabilidade genética e/ou limitado tamanho amostral, o que pode ser o caso do presente trabalho em razão do relativo grau de antropização das áreas de coletas de sementes de *A. crassiflora*. Adicionalmente, também pode estar associado a idade muito precoce de avaliação. De modo que o curto tempo para liberação de variabilidade genética tenha impossibilitado maiores valores de  $V_a$ . Entretanto, as estimativas do coeficiente de variação genética aditiva individual ( $CV_{gi}\%$ ) e do coeficiente de variação genotípica entre progênies ( $CV_{gp}\%$ ) foram consideráveis, sendo  $CV_{gi}\%$  sempre maior que  $CV_{gp}\%$  para todas as características estudadas. A maior variabilidade entre indivíduos dentro de progênies/populações do que entre progênies/populações é normalmente relatada na literatura para espécies arbóreas tropicais, inclusive em diversos trabalhos com *A. crassiflora* (TELLES et al., 2003; FERREIRA; RODRIGUES, 2006; COTA et al., 2011; FERREIRA, 2011; GOUVEIA, 2011).

Ao avaliar o coeficiente de variação relativa ( $CV_r$ ), o qual é resultado da relação  $CV_{gi}/CV_e$ , observa-se que alguns valores foram superiores a 1,0. Essa

relação, quando superior a 1,0, é um indicativo de viabilidade de seleção (VENCOVSKY; BARRIGA, 1992). Segundo Resende e Duarte (2007) a magnitude do  $CV_r$  também pode ser utilizada para inferir sobre a acurácia e a precisão na avaliação genotípica, principalmente quando o número de repetições no experimento for superior a cinco.

As baixas estimativas de  $V_a$  refletiram também na baixa magnitude das herdabilidades no sentido restrito ( $h^2_a$ ). Algumas características como MSA, MSR, A2-A1 e área foliar apresentaram valores de  $h^2_a$  iguais a zero de acordo com intervalo de confiança. Ressalta-se que a herdabilidade no sentido restrito considera apenas a variância genética aditiva, ou seja, aquela que é fixada pela seleção, sendo importante na seleção de genitores para a propagação sexuada (RESENDE, 2007a; RAMALHO et al., 2008; VENCOVSKY; BARRIGA, 1992).

A simulação de seleção das populações para os 8 caracteres escolhidos mostrou que a população de Sobradinho seria selecionada quanto a relação altura/diâmetro que é um bom indicador de qualidade da muda. Embora a seleção dos 10 melhores genitores para esse quesito tenha mostrado quatro matrizes oriundas da população de Sobradinho, quatro de Planaltina e duas da população FAL, com Sobradinho ocupando as melhores posições. Este mesmo padrão de apresentação de matrizes oriundas de três das quatro populações na seleção dos 10 melhores genitores se repetiu para os caracteres número de raízes e germinação, evidenciando mais uma vez a diversidade genética intrapopulacional da espécie.

Os caracteres de incremento em altura (A2-A1), área foliar e MST tiveram seus melhores genitores selecionadas de apenas duas populações, já

o caractere incremento em diâmetro teve seus 10 representantes oriundos da população Buritis e o caractere MSA/MSR foi representado apenas por genitores da população FAL. Esse padrão geral mostra que não há um predomínio de uma população na simulação de seleção e que a estratégia de seleção a ser utilizada deve levar em consideração esse cenário. Em se mantendo o presente padrão de diversidade genética na idade adequada de seleção (caso fosse levado a campo), seria possível afirmar que o material genético amostrado possui diversidade genética suficiente para ser utilizado em programa de melhoramento genético da espécie, uma vez que os ganhos genéticos obtidos seriam próximos a outros trabalhos com espécies arbóreas (LINS et al., 2001; SEBBENN et al., 2003; MORAES NETO, 2008).

Para além da simulação de seleção é necessário também definir a estratégia de seleção como por exemplo a apontada por Zaruma et al. (2015) em um estudo com Baru (*Dypterix alata*), onde o trabalho prospecta a realização de um desbaste de 33,3% nas procedências onde as mesmas manterão mais de 90% da diversidade genética original. Esta estratégia de seleção entre progênies permite, segundo os autores, ganhos na seleção de até 12,6% com perda de apenas 9% da diversidade genética original.

### **3.8 Conclusão**

Neste capítulo foram avaliados os caracteres quantitativos dos descendentes das matrizes por meio de um teste de progênies. Esses caracteres foram mensurados e analisados estatisticamente para avaliar a diversidade genética dessas populações de *A. crassiflora*. Diferenças significativas nos caracteres quantitativos e a estimação dos componentes de

variância foram fundamentais para entender a dinâmica genética da espécie e como o ambiente interfere nesse aspecto. Para fins de conservação, foi possível selecionar matrizes com caracteres superiores afim de estabelecer um pomar de sementes de *Annona crassiflora*.

### 3.9 Referências Bibliográficas

ALMEIDA JÚNIOR, E.B. de **Distribuição da variabilidade genética e fluxo de pólen em subpopulações de *Annona crassiflora* Mart. (Annonaceae)**. Tese (Doutorado) - Universidade Federal de Goiás, Escola de Agronomia (EA), Programa de Pós-Graduação em Genética e Melhoramento de Plantas 153 f. 2015.

ALMEIDA JÚNIOR, E.B. de; NERES, D.F.; RODRIGUES, E.B.; CHAVES, L.J.; TELLES, M.P. de C.; SOARES, T.N. Fluxo gênico contemporâneo via pólen em *Annona crassiflora* Mart., um recurso do Cerrado. **Anais... 8º CONGRESSO BRASILEIRO DE MELHORAMENTO DE PLANTAS**, Goiânia, 2015.

BLANCO, A.J.V, PEREIRA, M.F., COELHO, A.S.G.; CHAVES, L.J. Diversidade genética em populações naturais de araticunzeiro (*Annona crassiflora* Mart.) por meio da análise de sequências de cpDNA. **Pesq. Agropec. Trop.**, v. 37, n. 3, p. 169–175, 2007..

BRAGA FILHO, J.R. **Comportamento produtivo do araticum (*Annona crassiflora* Mart.) nos cerrados do Estado de Goiás**. 73f. Dissertação (Mestrado em Agronomia: Produção Vegetal) – Escola de Agronomia e Engenharia de Alimentos, Universidade Federal de Goiás, Goiânia. 2003.

BRAGA FILHO, J.R.; NAVES, R.V.; CHAVES, L.J.; PIRES, L.L.; MAZON, L.T.; SILVA, L.B. Caracterização física e físico-química de frutos de araticum (*Annona crassiflora* MART.). **Bioscience Journal** , 30:16-24. 2014a.

BRAGA FILHO, J.R.; NAVES, R.V.; CHAVES, L.J.; SOUZA, E.R.B.; MAZON, L.T.; SILVA, L.B. Germinação de sementes e emergência de plântulas de araticum oriundos do cerrado de Goiás. **Bioscience Journal**, 30:74-81. 2014b.

CARVALHO, J.A. **Marolo: o doce sabor do cerrado: sugestões de cultivo**. Folha Machadense, 2002

CAVALCANTE, T. R. M.; NAVES, R. V.; FRANCESCHINELLI, E. V.; SILVA, R. P. da. Polinização e formação de frutos em araticum. **Bragantia**, 68:13-21. 2009.

COHEN, K.O.; SANO, S.M.; SILVA, J.C.S.; MELO, J.T. **Avaliação das características físicas e físico-químicas dos frutos de araticum procedentes de Cabeceiras-GO**. Planaltina: Embrapa cerrados, 2010. 16p.

COLLEVATTI, R.G., TELLES, M.P.C., LIMA, J.S., GOUVEIA, F.O., SOARES, T.N. Contrasting spatial genetic structure in *Annona crassiflora* populations from fragmented and pristine savannas. **Plant Systematics and Evolution**, 300:1719–1727. 2014.

COTA, L.G.; VIEIRA, F.A.; MELO JÚNIOR, A.F.; BRANDÃO, M.M.; SANTANA, K.N.O.; GUEDES, M. L.; OLIVEIRA, D.A. **Genetics and Molecular Research**, 10:2172-2180. 2011

CRUZ, C.D.; REGAZZI, A.J.; CARNEIRO, P.C.S. **Modelos biométricos aplicados ao melhoramento genético**. 3.ed. Viçosa: UFV, 2004. v.1, 480p.

EGYDIO, A.P.M; VALVASSOURA, T.A.; SANTOS, D.Y.A.C. dos. **Variações intra populacionais do perfil de alcalóides de *Annona crassiflora* no Cerrado**. Anais... 58º CONGRESSO NACIONAL DE BOTÂNICA. São Paulo, 2007.

FERREIRA, M.F.M. **Análises genéticas de *Annona crassiflora* (Annonaceae): implicações para a conservação da espécie**. 127 f. Dissertação (Mestrado) – Universidade Federal de Lavras, Lavras, 2011.

GARCIA, C.H. **Tabelas para classificação do coeficiente de variação**. Piracicaba: IPEF, 1989. 10p.

GOUVEIA, F.O. **Estrutura genética intrapopulacional de *Annona crassiflora* MART. (Annonaceae) em áreas conservada e antropizada do Cerrado**. 59 f. Dissertação (Mestrado) – Universidade Federal de Goiás, Goiânia, 2011.

HAMRICK, J.L. Responses of forest trees to global environmental changes. **Forest Ecology and Management**, 197:323-335. 2004.

IUCN 2017. **The IUCN Red List of Threatened Species**. Versão 2017-3. <<http://www.iucnredlist.org>>. Acesso: 05/02/2018.

LINS, V.S. MORAES, M.L.T.de; SILVA, A.M. da; MARTINS, E.G.; MAÊDA, J.M. Variações e ganhos genéticos em progênies de *Grevillea robusta* A. Cunn. **Floresta e Ambiente**, 8:180 – 186. 2001.

LORENZI, H. **Árvores brasileiras: manual de identificação e cultivo de plantas arbóreas nativas do Brasil**. Nova Odessa: Plantarum, 1998. v.2, 352p.

MACHADO, C.G.; OLIVEIRA, S.S. C. de; CRUZ, S.C.S.; MENDONÇA, N.G. Biometria e caracterização morfológica de sementes de araticum oriundas de matrizes de Palminópolis – GO. **Revista Gl. Sci Technol**, 09:41 – 47. 2016.

MAGUIRE, J.D. Speed of germination aid in selection and evaluation for seedling emergence and vigor. **Crop Science**, 2:176-177. 1962.

MARGIS, R.; FELIX D.; CALDAS, J.F.; SALGUEIRO, F.; ARAUJO, D.S.D.; BREYNE, P.; VAN MONTAGU, M.; OLIVEIRA, D.; MARGIS-PINHEIRO, M. Genetic differentiation among three neighboring Brazil-cherry (*Eugenia uniflora* L.) populations within the Brazilian Atlantic rain forest. **Biodiversity and Conservation**, 11:149-163. 2002.

MELO, A.P.C.; Seleguini, A.; Leite, A. F.; de Souza, E.; Barboza, R.; Naves, R. V. Fenologia reprodutiva do araticum e suas implicações no potencial produtivo/Araticum reproductive phenology and its implications for productive potential. **Comunicata Scientiae**, 6(4), 495-500. 2015.

MELO, D.L.B. de. **Dormência em sementes de *Annona crassiflora* Mart.** 51f. Dissertação. Universidade Federal de Lavras, Lavras. 2005.

MELO, J.T. Efeito do ácido giberélico-GA3 sobre a germinação de sementes de araticum (*Annona crassiflora* Mart.). In: CONGRESSO FLORESTAL BRASILEIRO, 7. 1993, Curitiba. **Anais...** São Paulo: Sociedade Brasileira de Silvicultura, 1993. V.2, 760p.

MORAES NETO, S.P.de. Comparação entre dois métodos de seleção para *Pinus oocarpa*. Simpósio Internacional de Savanas Tropicais, 2. **Anais...** Brasília. 2008.

MULAMBA, N.N.; MOCK, J.J. Improvement of yield potential of the Eto Blanco maize (*Zea mays* L.) population by breeding for plant traits. **Egyptian Journal of Genetics and Cytology**, 7:40-51, 1978.

OLIVEIRA, P.E. Fenologia e biologia reprodutiva das espécies de cerrado. In: SANO, S.M.; ALMEIDA, S.P. de, ed. **Cerrado: ambiente e flora**. Planaltina: EMBRAPA-CPAC, 1998. p.169-192.

PEREIRA, M.F., BANDEIRA, L.F., BLANCO, A. J. V, CIAMPI, A. Y., COELHO, A. S.G. Development of microsatellite markers in *Annona crassiflora* Mart. a brazilian Cerrado fruit tree species. **Molecular Ecology Resources**, 8:1329–1331. 2008.

PIMENTA, A.C.; ROSA E SILVA, da; ZUFFELLATO-RIBAS, K.C.; KOEHLER, H.S. Caracterização de plantas e de frutos de araticunzeiro (*Annona crassiflora* Mart.) nativos no Cerrado mato grossense. **Revista Brasileira de fruticultura**, 36:892-899. 2014.

PIMENTEL-GOMES, F. **Curso de Estatística Experimental**. 12. ed. Piracicaba: Livraria Nobel, 1985. 467p.

PIRES, M.V.V. **Estudo de características morfológicas e diversidade genética de baru e araticum utilizando marcadores RAPD e microssatélites**. 79 f. Dissertação (Mestrado) – Universidade de Brasília, Brasília, 2011.

RAMALHO, M. A. P.; SANTOS, J. B. dos; PINTO, C. A. B. P. **Genética na agropecuária**. Lavras: Editora UFLA, 2008. 464 p.

RESENDE, M.D.V.; DUARTE, J.B. Precisão e controle de qualidade em experimentos de avaliação de cultivares. **Pesquisa Agropecuária Tropical**, 37:182-194. 2007.

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

RESENDE, M.D.V.de. **O Software Selegen-Remi/Blup**. Campo Grande: Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária (Embrapa). 2007b.

RIBEIRO, J.F.; GONZALES, M.I.; OLIVEIRA, P.E.A.M. DE; MELO, J.T. DE Aspectos fenológicos de espécies nativas do cerrado. In: CONGRESSO NACIONAL DE BOTÂNICA, 32., 1981, Teresina. **Anais...** Teresina: Sociedade Botânica do Brasi, p. 181 - 187. 1981.

RIBEIRO, R.A.; RODRIGUES, F.M. **Genética da conservação em espécies vegetais do cerrado**. R. Ci. méd. biol., v. 5, n. 3, p. 253-260, 2006.

RIZZINI, C.T. Aspectos ecológicos da regeneração em algumas plantas do cerrado. In: Simposio sobre o Cerrado, 3., São Paulo. **Anais**. São Paulo: E. Blucher, EDUSP, 61-64. 1971.

RIZZINI, C.T. Dormancy in seeds of *Annona crassiflora* Mart. **Journal of Experimental Botany**, 24:117-123. 1973.

SEBBENN, A.M.; PONTINHA, A.A.S.; GIANNOTTI, E.; KAGEYAMA, P.Y. Variação genética entre e dentro de procedências e progênies de *Araucaria angustifolia* no sul do estado de São Paulo. **Revista do Instituto Florestal**, São Paulo, 15:109-124. 2003.

TELLES, M.P.C., VALVA, F.D., BANDEIRA, L.F., COELHO, A.S.G. Caracterizacao genetica de populacoes naturais de araticunzeiro (*Annona crassiflora* Mart. - Annonaceae) no Estado de Goias. **Revista Brasileira de Botânica**, 26:123–129. 2003.

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

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

#### **4. Conclusão Geral**

Esse trabalho teve como objetivo principal estudar características ambientais e genéticas de *Annona crassiflora* no Brasil Central para fins de conservação, tendo em vista a importância econômica e ecológica desta espécie nativa para o bioma Cerrado.

As dificuldades de germinação, dispersão e estabelecimento da espécie, em face da redução progressiva de áreas do bioma Cerrado, contribuem para o aumento do risco de extinção. A diminuição das populações acarreta aumento da endogamia que por sua vez encaminha a espécie para uma situação de baixa diversidade genética, que, aliada a menor disponibilidade de polinizadores e dispersores pode gerar uma situação irreversível do ponto de vista da conservação. Portanto, este trabalho mostrou como a análise genética e ambiental auxiliam na manutenção da diversidade genética e podem contribuir com a conservação da espécie.