

UNIVERSIDADE FEDERAL DO ESPÍRITO SANTO  
CENTRO DE CIÊNCIAS HUMANAS E NATURAIS  
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM BIOLOGIA VEGETAL

PEDRO MAZZOCCO PEREIRA

CARACTERIZAÇÃO DA VARIABILIDADE GENÉTICA DE *EUTERPE*  
*EDULIS* (ARECACEAE) DO ESPÍRITO SANTO PARA A PRODUÇÃO  
DE FRUTOS

VITÓRIA - ES

2018

PEDRO MAZZOCCO PEREIRA

**CARACTERIZAÇÃO DA VARIABILIDADE GENÉTICA DE *EUTERPE EDULIS* (ARECACEAE) DO ESPÍRITO SANTO PARA A PRODUÇÃO DE FRUTOS**

Tese de Doutorado apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Biologia Vegetal do Centro de Ciências Humanas e Naturais da Universidade Federal do Espírito Santo como parte dos requisitos exigidos para a obtenção do título de Doutor em Biologia Vegetal.

Orientador: Prof. Dr. José Aires Ventura

Coorientador: Prof. Dr. Adésio Ferreira

VITÓRIA - ES

2018

Dados Internacionais de Catalogação-na-publicação (CIP)  
(Biblioteca Central da Universidade Federal do Espírito Santo, ES, Brasil)

---

P436c Pereira, Pedro Mazzocco, 1988-  
Caracterização da variabilidade genética de Euterpe Edulis  
(Arecaceae) do Espírito Santo para a produção de frutos /  
Pedro Mazzocco Pereira. – 2018.

111 f. :

Orientador: José Aires Ventura.

Coorientador: Adésio Ferreira.

Tese (Doutorado em Biologia Vegetal) – Universidade  
Federal do Espírito Santo, Centro de Ciências Humanas e  
Naturais.

1. Euterpe - Espírito Santo (Estado). 2. Plantas – Variação.  
3. Genética vegetal – Seleção. 4. Palmeira juçara. I. Ventura,  
José Aires. II. Ferreira, Adésio. III. Universidade Federal do  
Espírito Santo. Centro de Ciências Humanas e Naturais. IV.  
Título.

CDU: 57

# **CARACTERIZAÇÃO DA VARIABILIDADE GENÉTICA DE *EUTERPE EDULIS* (ARECACEAE) DO ESPÍRITO SANTO PARA A PRODUÇÃO DE FRUTOS**

Tese de Doutorado apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Biologia Vegetal do Centro de Ciências Humanas e Naturais da Universidade Federal do Espírito Santo como parte dos requisitos exigidos para a obtenção do título de Doutor em Biologia Vegetal na área de concentração Fisiologia Vegetal.

Aprovada em \_\_\_\_\_ de \_\_\_\_\_ de 20\_\_

## **Comissão Examinadora:**

---

**Dr. José Aires Ventura** UFES/Incaper  
Orientador e Presidente da Comissão

---

**Dr. Adésio Ferreira** – UFES  
Co-Orientador e Presidente da Comissão

---

**Dra. Maria do Carmo P. Batittuci** - UFES  
Examinador Interno

---

**Dr. Luis Fernando Tavares de Menezes** – UFES  
Examinador Interno

---

**Dra. Liana Hilda Golin Mengarda** - UFES  
Examinador Externo

---

**Dra. Maria Amélia Gava Ferrão** - EMBRAPA/Incaper  
Examinador Externo

Dedico este trabalho a Deus, aos meus pais, aos familiares e amigos pelo apoio, confiança e amor de todos. Dedico também a todos os agricultores que dignificam nossa terra.

## **AGRADECIMENTOS**

São tantos colegas e amigos aos quais eu gostaria de agradecer que duas páginas não seriam suficientes.

Início meus agradecimentos a minha mãe, Lucinéia de Fátima Mazzocco, que sempre me apoiou incondicionalmente a estudar e a ter uma formação de qualidade.

Aos meus avós que me apoiaram a ingressar no curso de Ciências Biológicas no Centro de Ciências Agrárias e Engenharias (CCAEE) da UFES.

A minha turma de graduação, aos professores e ao CCAEE pelos aprendizados formais e informais adquiridos durante minha graduação.

Quero agradecer a três professores que me confiaram esta tarefa e que me ensinaram desde o princípio: especialmente ao Doutor José Aires Ventura que me orientou com maestria entre os obstáculos e resultados obtidos neste trabalho, ao professor e coorientador Dr. Adésio Ferreira e à Professora Dra. Márcia Flores

Ferreira. Sem o apoio deles, a execução desta pesquisa não seria possível.

Agradeço à bióloga do Instituto Capixaba de Pesquisa, Assistência Técnica e Extensão Rural (Incaper) Fabiana Cruz Gomes, idealizadora desta pesquisa.

Gostaria fazer um agradecimento especial à técnica de laboratório de botânica da UFES, Débora Aviz, e ao amigo Gilberto Littig que me auxiliaram nos momentos mais laboriosos e difíceis da pesquisa.

Agradeço aos funcionários e gestores das instituições de cada unidade de conservação que este trabalho utilizou como fonte de pesquisa, obrigado pelas orientações e confiança. Em especial, a Osvaldo Luiz Ceotto, gestor da Reserva Biológica do Córrego do Veado, e a Hélio de Queiroz Boudet Fernandes, gestor da Estação Biológica de Santa Lúcia.

Agradeço ao colega Mestre Tiago de Souza Marçal, Mestre José Henrique Soler Guilhen, Mestre Marina Santos Carvalho e Pós-Doutora Lidiane Gomes dos Santos que me ajudaram na execução e discussão dos resultados do trabalho.

Estendo os meus agradecimentos aos funcionários do Incaper, como Afonso Carlos Valentim. A todos os funcionários da UFES, bem como aos companheiros do laboratório de genética e de biometria do CCAEE-UFES.

Agradeço a minha namorada Vanessa Martins de Freitas, um presente de Deus à minha vida, que me apoiou nos dias mais tristes, desconfortáveis e amargos. Ela

trouxe palavras de alegria, conforto e doçura para os meus dias de trabalho. Por ter me apoiado e me motivado todo esse tempo, meu muito obrigado.

Agradeço ao pesquisador César Augusto Texeira que fez o primeiro levantamento de palmeira juçara no Estado do Espírito Santo e agradeço também, *in memoriam*, à pesquisadora Marilene Leão Alves Bovi que dedicou anos de trabalho no Instituto Agrônomo de Campinas (IAC) a pesquisas relacionadas à palmeira juçara no Brasil.

Agradeço à Fundação de Auxílio e Pesquisa do Espírito Santo (FAPES) pelo auxílio e compreensão da relevância deste trabalho para inúmeras famílias contribuintes que vivem e consomem produtos agrícolas no nosso Estado.

E a todos aqueles que colaboraram de alguma forma para a realização deste trabalho, meu muito obrigado!

“A natureza nos deu duas orelhas e uma só boca para nos advertir de que se impõe  
mais ouvir do que falar.”

— Zenão de Cítio

## RESUMO

O objetivo deste trabalho foi caracterizar a variabilidade genética e selecionar genótipos da palmeira juçara (*Euterpe edulis* Martius) promissores para a produção de frutos para polpa. Foram coletados 10.200 frutos e amostradas 102 plantas em nove populações nas Regiões Norte, Nordeste e Centro Serrana no Estado do Espírito Santo, utilizando-se doze descritores relacionados à produção de polpa. Os componentes de variância dos descritores foram estimados pelo método da máxima verossimilhança restrita e a predição dos valores fenotípicos e genotípicos pela melhor predição linear não viesada por meio do software Selegen-REML/BLUP. Através dos valores genotípicos preditos e o uso de sete *loci* microssatélites, foi possível caracterizar a diversidade genética da palmeira juçara entre genótipos e populações. Foram encontrados moderados níveis de diferenciação entre as populações ( $F_{ST} = 0,0995$ ), que apresentaram elevada diversidade genética intrapopulacional e baixa diversidade interpopulacional. Os valores encontrados para os pares de  $F_{ST}$ , demonstram que a população SL não possui fluxo gênico com as demais populações e que as populações distantes geograficamente nem sempre são populações distantes geneticamente. Os métodos aglomerativos utilizados neste estudo a partir dos valores genéticos preditos foram concordantes e identificaram nas populações três grupos distintos, sendo a população SL a mais isolada das demais. A análise de trilha com uso de doze descritores utilizados revelou que para selecionar genótipos com alto rendimento de polpa (variável principal), deve-se selecionar: menor massa de sementes (MS), menor massa de cem sementes (MCS) e maior diâmetro equatorial do fruto (DEF). Com o índice de seleção Mulamba e Monkey, foi possível selecionar 20 genótipos mais promissores para a produção de polpa e os possíveis genótipos a serem utilizados em futuros cruzamentos nos programas de melhoramento genético da palmeira juçara no Brasil. Os resultados desta pesquisa possui importante contribuição com informações genéticas que auxiliar no manejo florestal, na conservação da espécie e em programas de melhoramento genético tendo em vista a exploração sustentável dos frutos da palmeira juçara para a produção de polpa.

**Palavras-chave:** Diversidade genética, correlações, seleção e polpa.

## ABSTRACT

The objective of this work was to characterize the genetic variability and to select genotypes of the juçara palm (*Euterpe edulis* Martius) promising for the production of fruits for pulp. A total of 10,200 fruits were collected and 102 plants were sampled in nine populations in the North, Northeast and Center Mountainous Regions of the State of Espírito Santo. In all, twelve descriptors related to pulp production were used and the descriptive variance components were estimated by the maximum likelihood restricted method and the prediction of the phenotypic and genotypic values by the best non-biased linear prediction using Selegen-REML / BLUP. By means of predicted genotypic values and the use of seven microsatellite loci, it was possible to characterize the genetic variability of the juçara palm among genotypes and populations. Moderate levels of differentiation were found among populations and populations showed high intrapopulation and low interpopulation genetic diversity. The values found for the  $F_{ST}$  pairs show that the SL population does not have gene flow with the other populations and that geographically distant populations are not always genetically distant populations. The agglomerative methods used in this study from the predicted genetic values were concordant and identified in the populations three distinct groups, the SL population being the most isolated from the others. The analysis of the trail using twelve descriptors showed that to select genotypes with high yield of pulp (main variable), one should select: lower seed mass (DM), lower mass of one hundred seeds (MCS) and larger equatorial diameter of the fruit (DEF). With the selection index Mulamba and Monkey, it was possible to select 20 more promising genotypes for the production of pulp and the possible genotypes to be used in future crosses in the breeding programs of the juçara palm tree in Brazil. The results of this research have an important contribution with genetic information that help in the forest management, the conservation of the species and in breeding programs with a view to the sustainable exploitation of the fruits of the juçara palm for the production of pulp.

**Keywords:** Selection, correlations, genetic diversity, juçara pulp.

## LISTA DE FIGURAS

Figura 1: Sistema de Classificação das espécies do gênero <i>Euterpe</i> ordenado em sequência hierárquica (HENDERSON, 2000).....	17
Figura 2: Figura 2: Ilustração botânica da palmeira juçara ( <i>Euterpe edulis</i> Mart.), com detalhes para suas folhas, flores, inflorescência, infrutescência, frutos, plântula e muda. (MOREIRA, 2013).....	18
Figura 3: Área de estudo e características morfológicas de <i>Euterpe edulis</i> e <i>E. espiritosantensis</i> . Vista superior de estudos de parcela em Estação Biológica de Santa Lúcia (W40°32'/S19°58'), ES, Brasil (A); andaime usado para atingir a inflorescência (B); forma geral de <i>E. edulis</i> (C); ráquillas na antítese de flores estaminadas de <i>E. edulis</i> (D); frutos imaturos de <i>E. edulis</i> (E); inflorescência de <i>E. edulis</i> (F); forma geral de <i>E. espiritosantensis</i> (G); ráquillas de <i>E. espiritosantensis</i> e abelha ( <i>Trigona spinipes</i> – no círculo azul) em flores estaminadas (H); fruto imaturo de <i>E. espiritosantensis</i> (I); inflorescência de <i>E. espiritosantensis</i> (J), figura retirada de Wendt et al. ( 2011).....	22
Figura 4: Localização e distribuição geográfica da palmeira juçara ( <i>Euterpe edulis</i> ) no Brasil (CNCFlora , 2017).....	23
Figura 5: Mapa do Estado do Espírito Santo com as três regiões e a localização das unidades de conservação de onde foram colhidos os cachos com frutos maduros de 102 genótipos da palmeira juçara. ....	42
Figura 6: Dispersão gráfica dos escores dos dois primeiros componentes principais para nove populações (A) e para os 102 genótipos (B) da palmeira juçara ( <i>Euterpe edulis</i> ).....	60
Figura 7: Agrupamento UPGMA entre nove populações (A) e entre 102 genótipos (B) da palmeira juçara ( <i>Euterpe edulis</i> ) em diferentes regiões do Espírito Santo. Linha verde (grupo 1); linha vermelha (grupo 2) e linha azul (grupo 3).....	62
Figura 8: Gráficos obtidos pela análise no STRUCTURE assumido K=3 como verdadeiro (A); representação de similaridade alélica entre as populações com k=2 (B), com K=3 (C), com k=4 (D) com uso do DISTRUCT e o dendrograma UPGMA de 4 populações da palmeira juçara ( <i>E. edulis</i> ) usando a distância genética de Nei,1973 (E). ....	84

## LISTA DE TABELAS

Tabela 1: Composição química dos frutos de juçara ( <i>Euterpe edulis</i> M.) cultivados no Estado de Santa Catarina.....	29
Tabela 2: Composição mineral e características químicas da polpa dos frutos de açaí e juçara, na matéria seca.....	31
Tabela 3: Descritores morfométricos utilizados no estudo da divergência genética de populações de <i>Euterpe edulis</i> no Estado do Espírito Santo.....	43
Tabela 4: Análise de desvio (DEVIANCE) para o diâmetro longitudinal do fruto (DLF), diâmetro equatorial do fruto (DEF), massa do fruto (MF), diâmetro longitudinal da semente (DLS), diâmetro equatorial das sementes (DES), massa da semente (MS), obtido entre 102 acessos da palmeira juçara empregando a máxima probabilidade restrita (REML).....	45
Tabela 5: Parâmetros genéticos e fenotípicos para diâmetro longitudinal do fruto (DLF) e da semente (DLS), diâmetro equatorial do fruto (DEF) e da semente (DES); e massa do fruto (MF) e da semente (MS) em genótipos da palmeira juçara ( <i>Euterpe edulis</i> ).....	46
Tabela 6: Parâmetros genéticos e fenotípicos para número de cachos (NC), massa do cacho (MC), número de ráquias por cacho (NRC), diâmetro longitudinal do fruto (DLF) e da semente (DLS), diâmetro equatorial do fruto (DEF) e da semente (DES); e massa do fruto (MF) e da semente (MS), massa de cem frutos (MCF), massa de cem sementes (MCS), rendimento em polpa (Rp) em plantas de juçara ( <i>E. edulis</i> ) no estado do Espírito Santo.....	48
Tabela 7: Grupos de similaridade genética entre populações de palmeira juçara, com a utilização de doze descritores, gerados pelo método de otimização de Tocher com base na distância euclidiana média ponderada.....	64
Tabela 8: Correlações genotípicas para número de cachos (NC), massa do cacho (MC), número de ráquias por cacho (NRC), diâmetro longitudinal do fruto (DLF) e da semente (DLS), diâmetro equatorial do fruto (DEF) e da semente (DES); e massa do fruto (MF) e da semente (MS), massa de cem frutos (MCF), massa de cem sementes (MCS), rendimento em polpa (Rp) em plantas de palmeira juçara ( <i>E. edulis</i> ) no estado do Espírito Santo.....	65

Tabela 9: Estimativa dos efeitos diretos (ED) sobre o rendimento de polpa e os efeitos indiretos (EI) de doze descritores em de nove populações sobre o rendimento de polpa de frutos d palmeira juçara ( <i>Euterpe edulis</i> ).....	66
Tabela 10: Localização geográfica e classificação pelos ganhos genéticos com a seleção pelo índice de Mulamba e Mock dos 20 melhores genótipos de juçara, de nove fragmentos florestais no Espírito Santo, para o diâmetro longitudinal do fruto (DLF) e da semente (DLS); diâmetro equatorial do fruto (DEF) e da semente (DES); massa individual do fruto (MF), da semente (MS) e rendimento médio (Rp).....	67
Tabela 11: Descrição dos loci de microssatélites utilizados como marcadores moleculares para análise da diversidade genética de <i>Euterpe edulis</i> Martius. AM: Amplitude alélica em pares de base (pb); TA: temperatura de anelamento. Fonte: Gaiotto et al (2001) com modificações.....	77
Tabela 12: Informações sobre os <i>loci</i> dos marcadores de microssatélites de <i>E. edulis</i> . As sequências iniciais são listadas com número de alelos por <i>locus</i> (A), heterozigosidade esperada ( $H_E$ ), heterozigosidade observada ( $H_o$ ) e coeficiente de endogamia ( $f$ ). .....	79
Tabela 13: Características das quatro populações de <i>E. edulis</i> , no estado do Espírito Santo, para 7 <i>loci</i> polimórficos de microssatélite.....	80
Tabela 14: Análise da variância molecular (AMOVA) para diferentes análises hierárquicas de populações de <i>Euterpe edulis</i> em quatro populações.....	81
Tabela 15: Pares de $F_{ST}$ (índice de diferenciação genética da população) entre quatro populações da palmeira juçara ( <i>E. edulis</i> ).....	83

## SUMÁRIO

<b>1 INTRODUÇÃO GERAL</b> .....	14
<b>2 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA</b> .....	17
2.1 TAXONOMIA DO GÊNERO <i>EUTERPE</i> .....	17
2.2 ÁREA DE OCORRÊNCIA E CENTRO DE DIVERSIDADE.....	23
2.3 ESTRUTURA POPULACIONAL E DIVERSIDADE GENÉTICA DA PALMEIRA JUÇARA.....	24
2.4 IMPORTÂNCIA ECONÔMICA E NUTRICIONAL DA ESPÉCIE.....	27
2.5 DIVERSIDADE GENÉTICA BASEADA EM INFORMAÇÕES FENOTÍPICAS.....	33
2.6 MELHORAMENTO DE PALMEIRA JUÇARA PARA PRODUÇÃO DE POLPA.....	36
<b>3 OBJETIVO</b> .....	39
3.1 OBJETIVOS ESPECÍFICOS.....	39
<b>CAPÍTULO 1: ESTIMATIVA DE PARÂMETROS GENÉTICOS PARA GENÓTIPOS E POPULAÇÕES DA PALMEIRA JUÇARA (<i>EUTERPE EDULIS</i>) PARA PRODUÇÃO DE FRUTOS PARA POLPA</b> .....	40
4.1 INTRODUÇÃO.....	41
4.2 MATERIAIS E MÉTODOS.....	42
4.3 RESULTADOS E DISCUSSÃO.....	45
4.3.1. <b>Análise de Deviance</b> .....	45
4.3.2. <b>Descritores fenotípicos dos frutos entre os genótipos (intrapopulacional)</b> .....	46
4.3.3 <b>Descritores fenotípicos dos genótipos por população (interpopulacional)</b> .....	48
4.1 CONCLUSÕES.....	50
REFERÊNCIAS.....	50
<b>CAPÍTULO 2: DIVERSIDADE GENÉTICA E SELEÇÃO DE GENÓTIPOS DA PALMEIRA JUÇARA (<i>EUTERPE EDULIS MARTIUS</i>) PARA PRODUÇÃO DE FRUTOS PARA POLPA</b> .....	54
5.1 INTRODUÇÃO.....	55
5.2 MATERIAIS E MÉTODOS.....	56

5.3 RESULTADOS E DISCUSSÃO.....	58
5.4 CONCLUSÕES.....	68
REFERÊNCIAS.....	69
<b>CAPÍTULO 3: CARACTERIZAÇÃO DA DIVERSIDADE E ESTRUTURA GENÉTICA EM POPULAÇÕES NATURAIS DE PALMEIRA JUÇARA (<i>EUTERPE EDULIS</i>) EM QUATRO UNIDADES DE CONSERVAÇÃO NO ESTADO DO ESPÍRITO SANTO.....</b>	<b>73</b>
6.1 INTRODUÇÃO.....	74
6.2 MATERIAIS E MÉTODOS.....	75
6.3 RESULTADOS E DISCUSSÃO.....	78
6.4 CONCLUSÕES.....	86
REFERÊNCIAS.....	87
<b>7 CONCLUSÕES GERAIS .....</b>	<b>91</b>
<b>REFERÊNCIAS .....</b>	<b>92</b>
<b>ANEXO A.....</b>	<b>106</b>
<b>APÊNDICE A.....</b>	<b>107</b>
<b>APÊNDICE B.....</b>	<b>110</b>
<b>APÊNDICE C.....</b>	<b>111</b>

## INTRODUÇÃO GERAL

O Estado do Espírito Santo está inserido no Bioma Mata Atlântica e dentro dessa cobertura vegetal há uma importante espécie-chave, a palmeira juçara (*Euterpe edulis* Martius). Essa espécie produz anualmente frutos consumidos por aves e mamíferos (REIS; KAGEYAMA, 2000, GENINI et al., 2009) e suas populações possuem área de ocorrência natural desde o Nordeste, o Centro-Oeste, o Sudeste até o Sul do Brasil (LEITMAN et al., 2015).

Da década de 60 até os dias de hoje, a área de ocorrência da palmeira juçara reduziu-se demograficamente devido à exploração ilegal do seu palmito (meristema apical) e ao processo de fragmentação das florestas (SHIMIZU et al., 2011). Como consequência, a espécie encontra-se ameaçada de extinção em várias áreas de ocorrência natural; por isso faz parte da Lista Brasileira das Espécies Ameaçadas de Extinção (BRASIL, 2008).

Estudos da diversidade genética da palmeira juçara demonstraram que a destruição do habitat e a fragmentação das floretas contribuíram para diminuição da variabilidade genética interpopulacional e, que a maior diversidade genética encontrada nas populações naturais estudadas atribui-se à diversidade intrapopulacional (REIS et al., 2000b; CONTE et al., 2003; GAIOTTO et al., 2003; KONZEN; MARTINS, 2017). Além disso, Conte (2004), Seoane (2007b) e Borém e Miranda (2013) indicam excesso de homozigotos e o alto índice endogâmico de algumas populações que alteraram a frequência de certos alelos em relação ao total da população com diminuição simultânea da heterozigose, podendo levar à extinção local da espécie em médio prazo. E, ao longo prazo, o aumento do cruzamento entre indivíduos aparentados e a diminuição do fluxo gênico via dispersão de sementes às longas distâncias podem causar redução na capacidade de adaptação às mudanças ambientais, promovendo extinção da espécie (RIDLEY, 2006, SEOANE, 2007a).

Por isso, estudos sobre a variação genética em populações que quantifiquem os níveis de variabilidade dentro das populações são importantes para caracterizar o nível de estruturação genética entre e dentro dessas populações (HAMRICK, 1983; SEOANE, 2007b). Dessa forma, programas de conservação de populações e de melhoramento genético podem utilizar essas informações como subsídios para esclarecimento das variações de diversidade genética, o fluxo gênico entre as

populações e a caracterização da estrutura genética populacional, pois fornecem as melhores estimativas sobre o campo da distribuição alélica e genotípica; contribuindo para a estrutura da composição genotípica entre suas populações (KAGEYAMA; GANDARA, 1998; CHAPMAN; PARH; ORAGUZIE, 2000; NAZARENO, 2009).

Recentemente, programas de incentivo à produção do fruto da palmeira juçara têm sido conduzidos em comunidades locais a fim de garantir a preservação da espécie na Mata Atlântica e gerar recursos financeiros pela exploração sustentável de da polpa seus frutos (IPEMA, 2016). Essa alternativa torna-se uma solução prática para evitar o corte indiscriminado e ilegal da planta pela extração do palmito (MIRANDA et al., 2011; BRANCALION et al., 2012).

A experiência consolidada com cultivo do açaí do Pará no norte do Brasil, pelo apreço da polpa do fruto do açazeiro (*Euterpe oleracea*), serve como norteador para o consumo da polpa do fruto da palmeira juçara (OLIVEIRA et al., 2000a). No sudeste e sul do Brasil, já existem experiências pontuais com cultivo da palmeira juçara para fins comerciais para extração da polpa como nos Estados de Santa Catarina, Paraná, São Paulo, Espírito Santo e sul da Bahia.

No Estado do Espírito Santo, estima-se que a produção de polpa do fruto da palmeira juçara é ofertada em menor volume devido à escassez de um sistema de cultivo da espécie para produção fruto (CONAB, 2016). Contudo, Silva et al (2014) demonstrou que há boa aceitação da polpa da palmeira juçara no mercado consumidor nacional e internacional por apresentar sabor mais adocicado que a polpa do açaí do Pará. Comparativamente, o valor nutricional da polpa da palmeira juçara chega a superar ao da polpa do açaí do açazeiro, sendo essa mais rica em minerais, como potássio, ferro e zinco (SILVA et al., 2004). Entre os aspectos nutricionais, a concentração de antocianinas é o de maior importância para os consumidores da polpa dos frutos da palmeira juçara, cujo conteúdo de antocianinas é cerca de quatro vezes maior do que na polpa dos frutos do açazeiro (IADEROZA, 1992).

O fruto da palmeira juçara pesa, em média, um grama e seus cachos (infrutescências) reúnem milhares de frutos com uma média de 3 a 8kg frutos por cacho (REIS, 1995). A espécie é capaz de produzir, por ano, de 3 a 4 cachos por planta (SEOANE et al., 2005). Entretanto, para a espécie ser utilizada

comercialmente, há necessidade de aumentar a cadeia produtiva pelo rendimento de polpa através de descritores agromorfológicos menos influenciados pelo ambiente; além de usar o conhecimento das correlações genotípicas, a fim de selecionar genótipos mais adaptados e produtivos para a produção de polpa (OLIVEIRA et al., 2015; MARÇAL et al., 2015).

Neste contexto, o estudo da diversidade genética da palmeira juçara com base em marcadores moleculares e morfológicos, além da análise das estimativas de variâncias genéticas sobre os descritores de interesse, como rendimento de polpa, contribuem para informações que subsidiem o desenvolvimento de programas de conservação da espécie e o melhoramento genético para o aumento da produção de frutos para polpa na alimentação humana em áreas florestais da Mata Atlântica no Estado do Espírito Santo.

## REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

### 2.1 REVISÃO TAXONÔMICA DO GÊNERO *EUTERPE*

As espécies do gênero *Euterpe* são classificadas na divisão Magnoliophyta (=Angiospermae), classe Liliopsida (=Monocotyledoneae), subclasse Arecidae (=Espadiciflorae), super-ordem Arecanae, ordem Arecales (=Principes), família Arecaceae (=Palmae), subfamília Arecoideae, gênero *Euterpe* (HENDERSON; GALEANO, 1996).

Segundo Henderson (2000), *Euterpe*, juntamente com *Prestoea*, *Oenocarpus* (incluindo *Jessenia*), *Hyospathe* e *Neonicholsonia* fazem parte da subtribo *Euterpeinae* que são totalmente neotropicais contendo 32 espécies, tendo o gênero *Euterpe* sete espécies. No Brasil, são reconhecidas cinco espécies (Figura 1): *Euterpe edulis* Martius (palmeira juçara), *Euterpe catinga* Wallace (açazinho), *Euterpe oleracea* Martius (açazeiro), *Euterpe longibracteata* Barbosa Rodrigues (açai da terra firme), *Euterpe precatoria* Martius (açazeiro)

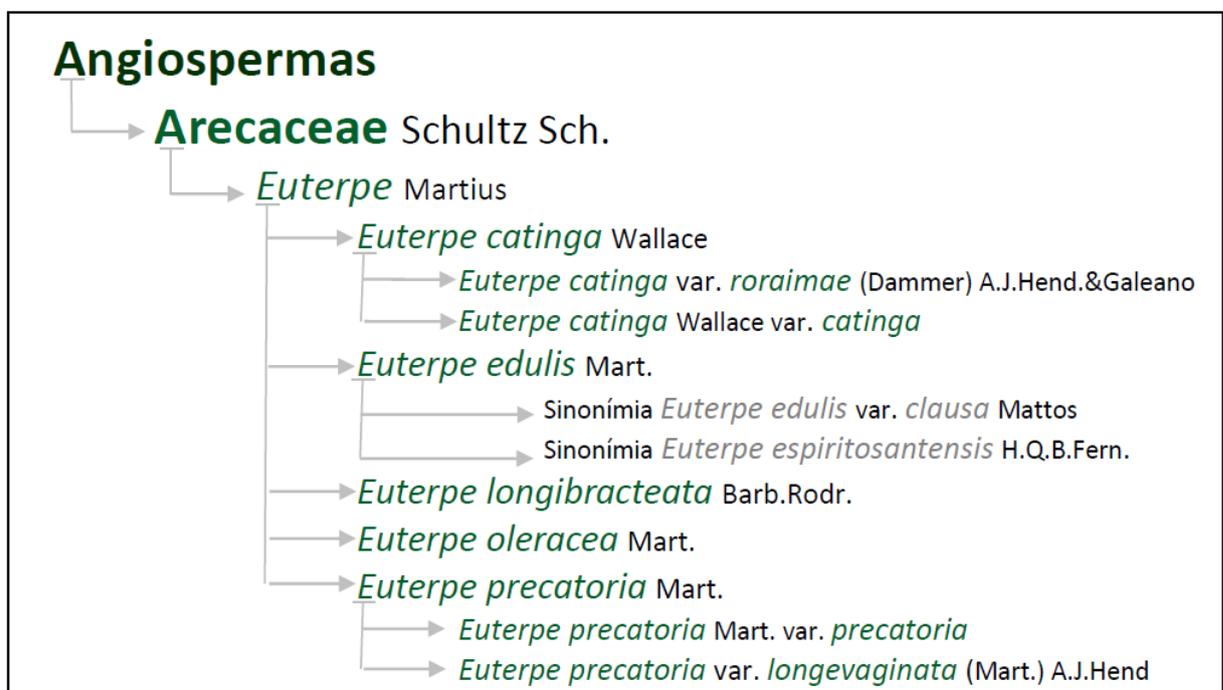


Figura 1: Sistema de Classificação das espécies do gênero *Euterpe* ordenado em sequência hierárquica (HENDERSON, 2000).

Atualmente são aceitas quatro variedades (*Euterpe catinga* var. *roraimae* (Dammer) A.J.Hend. e Galeano, *Euterpe catinga* Wallace var. *catina*, *Euterpe*

*precatoria* Mart. var. *precatória*, *Euterpe precatoria* var. *longevaginata* (Mart.) A.J.Hend.) e duas sinônimas de *Euterpe edulis* (*Euterpe edulis* var. *clausa* Mattos e *Euterpe espiritosantensis* H.Q.B. Fernandez.) (Figura 1). Entre as espécies do gênero *Euterpe*, a mais representativa da Mata Atlântica, é a *Euterpe edulis* Martius (Figura 2), popularmente conhecido como palmeira juçara, palmito, palmito-juçara, içara, ensarova, ripeira, jçara, palmito-doce e ripa (LORENZI, 2010).



Figura 2: Ilustração botânica da palmeira juçara (*Euterpe edulis* Mart.), com detalhes para suas folhas, flores, inflorescência, infrutescência, frutos, plântula e muda. (MOREIRA, 2013).

Considerada uma palmeira não estolonífera, ou seja, apresenta um estipe (HENDERSON, 2000) e embora raro, esta palmeira possui a capacidade de

apresentar um conjunto de perfilhos (PORTELA et al., 2009). Seu crescimento é monopodial com estirpe ereto variando de 10 e 20 m de altura, quando adulta, e o diâmetro da altura do peito (DAP) varia de 8 a 15 cm (MEDEIROS-COSTA, 2003). Na base do estipe, encontra-se um cone visível de raízes de cor marrom até vermelho. Suas raízes, assim como de outras palmeiras, constituem-se de um denso emaranhado de unidades com aproximadamente a mesma espessura. Se uma raiz é danificada, ela morre e é, gradualmente, substituída por uma nova (TSUKAMOTO FILHO et al., 2001). Seu sistema radicular é principalmente superficial, com o 58% concentrada na camada superior do solo, vinte centímetros com profundidade máxima alcançada pelas raízes de 1,30 m (BOVI; CARDOSO, 1978b).

Um dos critérios taxômicos para o gênero *Euterpe* é o nível de segmentação da primeira folha (eófilo) (QUEIROZ, 2000), em que para *E. edulis* a primeira folha apresenta seis a oito folíolos (pinas), cuja separação inicia-se antes do surgimento do pecíolo, conferindo-lhe um aspecto palmado (BELIN-DEPOUX; QUEIROZ, 1971). Suas folhas pinadas possuem cor verde oliva a verde-escuro medindo de 1 a 2,5 m de comprimento, e destacam-se com facilidade da planta e são caracterizadas como esciófila, ou seja, de sombra (REITZ, 1974). Cada folha tem de 38 a 70 unidades (pinas) de cada lado, regularmente distribuídas ao longo do eixo central (raque) (TSUKAMOTO FILHO et al., 2001, LORENZI, 2002, LORENZI et al., 2006).

A palmeira juçara ou *Euterpe edulis* é uma planta monóica com flores unissexuais (reunidas em tríades, sendo duas flores masculinas e uma feminina no mesmo indivíduo), distribuídas em inflorescências do tipo panícula. O início da floração, é marcado pela exposição da inflorescência com ráquias que mede cerca de 70 centímetros de comprimento e apresenta acentuada protandria, onde as flores masculinas permanecem abertas por aproximadamente sete dias, e após um período de dois a quatro dias, as flores femininas abrem e permanecem abertas por sete dias (MANTOVANI; MORELLATO, 2000; CALVI; PIÑA-RODRIGUES, 2005; MANTOVANI, 1998). O padrão de florescimento assegura a alogamia para a espécie, exceto nos casos quando duas ou mais inflorescências são produzidas na mesma planta. Tal evento ocorre em 6,4% das plantas reprodutivas, quando flores masculinas e femininas estão abertas ao mesmo tempo (CONTE, 2004). Por isso, seu sistema reprodutivo é predominantemente alógama ou de fecundação cruzada, com 95% a 100% de cruzamento.

A fenologia reprodutiva da palmeira juçara é caracterizada por um longo período de floração, e por um amplo período de frutificação e podem ocorrer dois picos de floração e suas fenofases são observadas em épocas diferentes, mudando de acordo com o ambiente no qual se encontram (AUER et al., 2012). Diversos fatores bióticos e abióticos têm influenciado na floração e frutificação da palmeira juçara, como: fotoperíodo, umidade, temperatura e a disponibilidade de polinizadores e dispersores, além de variar entre diferentes gradientes altitudinais (CASTRO, 2007).

A floração da população da palmeira juçara ocorre como um evento singular anual, seu início se dá no final do período seco ou de menor precipitação, ocorrendo o pico no mês de outubro (1995) ou novembro e se encerra no período chuvoso, geralmente em dezembro (FISCH; NOGUEIRA; MANTOVANI, 2000). A floração assincrônica entre os indivíduos da palmeira juçara da mesma população garante a disponibilidade de frutos para alimentação da fauna mesmo em períodos de menor disponibilidade hídrica na floresta (KAGEYAMA; REIS, 1996; MANTOVANI, 1998; CALVI; PIÑA-RODRIGUES, 2005).

Os cachos da palmeira juçara são formados por milhares de frutos que medem de 10 a 15 milímetros de diâmetro (HENDERSON; GALEANO; BERNAL, 1995). Seus cachos possuem frutos drupáceos, esféricos, de cor quase preta ou negro-vinosa quando maduros, com mesocarpo carnosos muito fino de onde se extraí a polpa, com embrião lateral com apenas uma semente (unisseminado ou monospérmico), albume abundante e homogêneo (REITZ, 1974). O fruto da palmeira juçara pesa em média um grama, e as infrutescências podem atingir 5 kg, sendo a média de 3 kg (REIS, 1995).

A propagação da palmeira juçara ocorre exclusivamente por sementes, que perdem a viabilidade germinativa com facilidade, e, devido a sensibilidade ao dessecação e ao armazenamento sob baixas temperaturas, são classificadas como recalcitrantes (ANDRADE; PEREIRA, 1997). Negreiros e Perez (2004) constataram que sementes viáveis da palmeira juçara recém-coletadas possuíam 37% de umidade. A semente é quase esférica, parda-grisácea a parda-amarelada, envolta por uma cobertura fibrosa, com até 10 mm de diâmetro (LORENZI et al., 2006). As sementes desta espécie possuem endosperma muito abundante, com alto teor de reservas, as quais se constituem de carboidratos (cerca de 88%), proteínas (10%) e lipídeos (2%) (REIS, 1995). A germinação de suas sementes é lenta e

heterogênea, iniciando a emergir no substrato com 30 a 170 dias após semeadura (CARVALHO, 2003). Apresentam taxas altas de germinação e vigor em sementes recém-coletadas, e cuja demora na germinação se deve à barreira mecânica exercida pelo endocarpo que dificulta a absorção de água, embora seu embrião já esteja totalmente formado e apto para germinar desde a época de frutificação (BOVI; CARDOSO, 1976). Por ser uma espécie plenamente adaptada a condições de sub-bosque, forma-se então um denso banco de plântulas, no aguardo de condições favoráveis de luz para seu crescimento (PAULILO, 2000).

Para Wendt et al. (2011), dentro do gênero *Euterpe* há uma controvérsia taxonômica, pois eles incluem as espécies *Euterpe edulis* (a palmeira juçara) e *Euterpe espirosantensis* (conhecido como palmito vermelho), como espécies diferentes e que ocorrem em simpatria nas formações florestais naturais na região centro serrana do Estado do Espírito – ES (Figura 3). Porém são consideradas até hoje como sinonímias de *Euterpe edulis* por Henderson e Galeano (1996), mesmo que em publicações posteriores vêm sendo classificadas como espécies diferentes (FERNANDES, 1989; MARTINS; NAKAGAWA; BOVI, 1999; MARTINS; BOVI; NAKAGAWA, 2007; MARTINS; BOVI; MORI, 2007) e pela população local.

Eventuais diferenças baseadas na mutação na cor da inflorescência (Figura 3J) acompanhadas de mudanças na época do florescimento (floração de *E. edulis* com um pico em julho e de *E. espirosantensis* em setembro) e uma preferência de polinizadores para servir a cor que está em de floração, pode iniciar a separação em diferentes grupos de polinizadores entre as duas espécies. Por isso, para esclarecer dúvidas taxinômicas resilientes sobre *Euterpe* é necessário estudos que envolvam a compreensão da palinologia, do cariograma, da diversidade genética e da produtividade dos frutos dos diferentes morfotipos de *Euterpe* que ainda não foram totalmente esclarecidos.

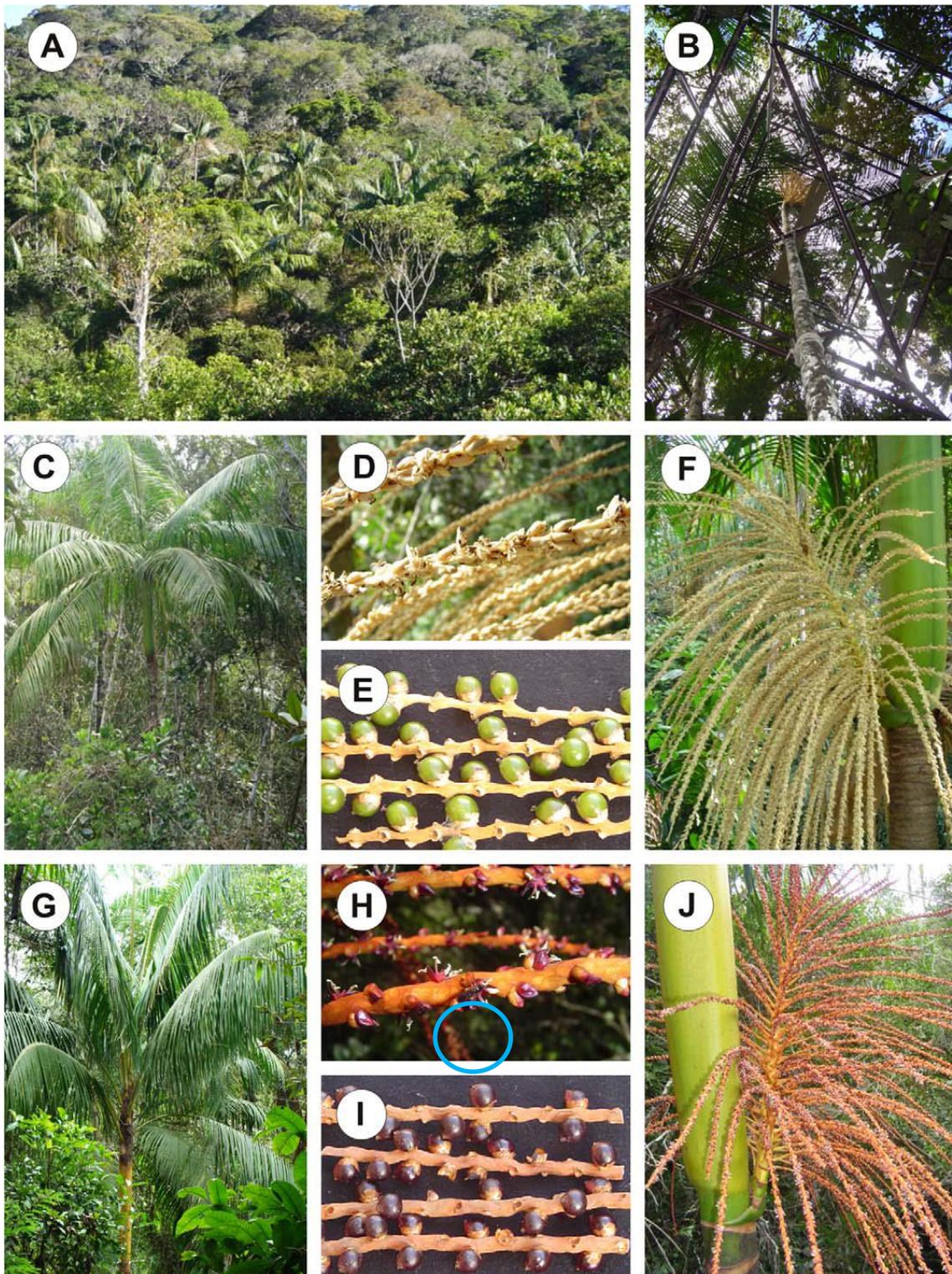


Figura 3: Área de estudo e características morfológicas de *Euterpe edulis* e *E. spiritosantensis*. Vista superior de estudos de parcela em Estação Biológica de Santa Lúcia (W40°32'/S19°58'), ES, Brasil (A); andaime usado para atingir a inflorescência (B); forma geral de *E. edulis* (C); ráquillas na antese de flores estaminadas de *E. edulis* (D); frutos imaturos de *E. edulis* (E); inflorescência de *E. edulis* (F); forma geral de *E. spiritosantensis* (G); ráquillas de *E. spiritosantensis* e abelha (*Trigona spinipes* – no círculo azul) em flores estaminadas (H); fruto imaturo de *E. spiritosantensis* (I); inflorescência de *E. Spiritosantensis* (J), figura retirada de Wendt et al. ( 2011).

## 2.2 ÁREA DE OCORRÊNCIA E CENTRO DE DIVERSIDADE

A palmeira juçara (*Euterpe edulis*) é uma palmeira nativa neotropical do sub-bosque que ocorre em alta frequência e abundância na Mata Atlântica (REIS et al., 2000d). A área de ocorrência situa-se desde o Nordeste (Alagoas, Bahia, Paraíba, Pernambuco, Rio Grande do Norte, Sergipe), o Centro-Oeste (Distrito Federal e Goiás), o Sudeste (Espírito Santo, Minas Gerais, Rio de Janeiro, São Paulo) até o Sul (Paraná, Rio Grande do Sul, Santa Catarina) do Brasil (LEITMAN et al., 2015) (Figura 4).

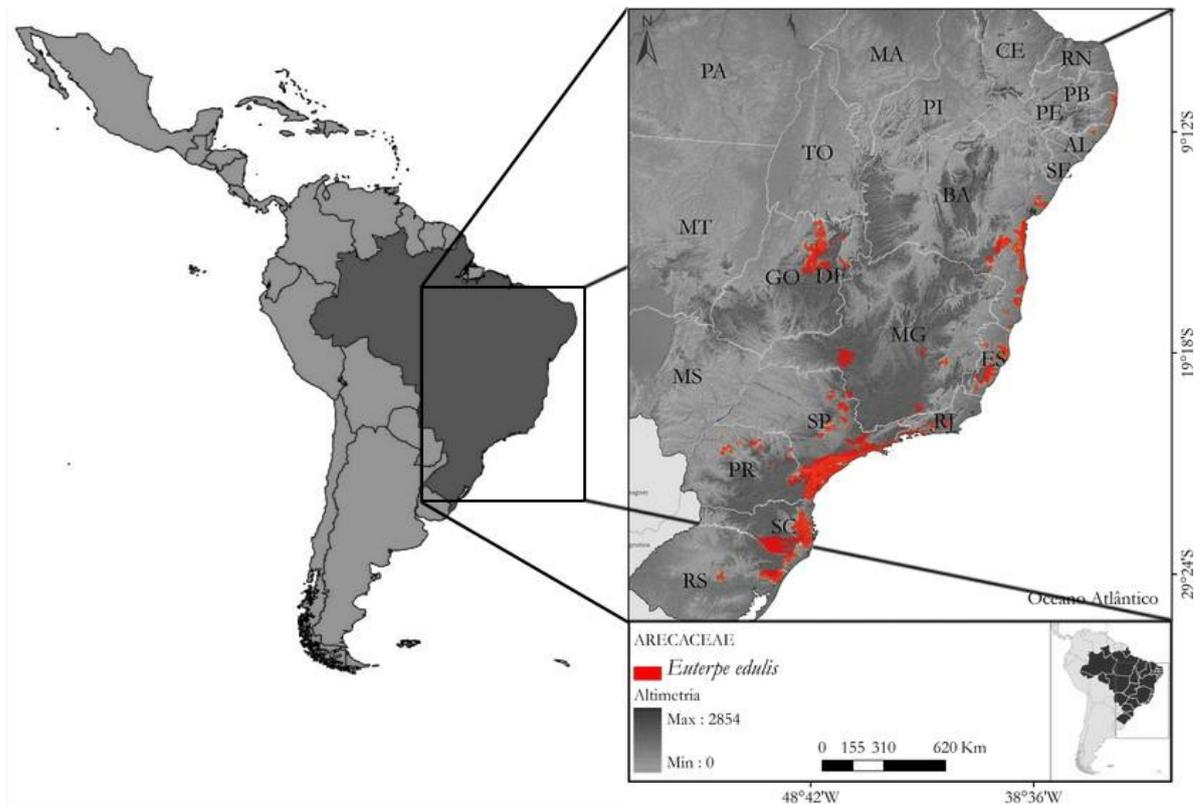


Figura 4: Localização e distribuição geográfica da palmeira juçara (*Euterpe edulis*) no Brasil (CNCFlora, 2017).

Conforme Martins e Lima (1999), a palmeira juçara desenvolve-se bem em regiões tropicais e com altos índices pluviométricos, não sendo exigente quanto ao tipo de solo, porém não se adapta bem nos rasos e encharcados. Por isso sua distribuição atual ocorre preferencialmente em formação de floresta ombrófila (floresta pluvial) e em florestas ciliares ou de galeria, situadas sob domínio fitogeográfico da Mata Atlântica e também do Cerrado (LEITMAN et al., 2015).

Na concepção de Lleras et al. (1983), o gênero *Euterpe* possui dois centros de

diversidade: o primeiro localizado no noroeste da Colômbia, com espécies distribuídas desde o nível do mar até a 2000 metros de altitude, na costa ocidental úmida dos Andes; e, o segundo, na região compreendida pelo escudo das Guianas e alto rio Negro, em áreas bastante úmidas.

Na região norte do Brasil há distribuição preferencial de espécies como o açazeiro (*Euterpe oleracea*), o açaí solteiro (*Euterpe precatoria*), açaí da terra firme (*Euterpe longibracteata*) e o açazinho (*Euterpe catinga*) (BFG, 2015). Já a palmeira juçara (*Euterpe edulis*) possui distribuição preferencial ao longo do litoral brasileiro, na Floresta Tropical Atlântica, com predomínio na região sudeste do Brasil (REITZ, 1974).

### 2.3 ESTRUTURA POPULACIONAL E DIVERSIDADE GENÉTICA DA PALMEIRA JUÇARA.

Nos primeiros estudos para compreensão da estrutura populacional da palmeira juçara foi realizada uma classificação em estágios, possibilitando inferir sobre a dinâmica dos indivíduos nas várias fases de desenvolvimento da espécie, principalmente nos aspectos relacionados à sobrevivência e reprodução (SILVA et al., 2009). A primeira classificação em estágios de tamanho de foi proposta por Silva (1991) em estudos realizados na Reserva de Santa Genebra (SP), em uma floresta mesófila semidecídua, utilizando as distribuições de frequência de altura, de diâmetro e do número de folhas para classificar os indivíduos em: Plântulas, Jovens, Imaturos e Adultos da palmeira juçara.

Os estudos demonstram que demografia de populações naturais da palmeira juçara estudadas, tanto em estágio de clímax (NODARI et al., 1987; REIS et al., 1991 e REIS et al., 1996a) quanto em estágio secundário de sucessão florestal (REIS et al., 1999; CONTE et al., 2003), demonstra populações naturais com uma estrutura demográfica em forma de “pirâmide”. Com uma base bastante ampla, constituída por indivíduos jovens (10.000 a 15.000 por hectare) e, no topo, a existência de uma pequena proporção de indivíduos reprodutivos (50 a 150 por hectare). A estrutura demográfica em “pirâmide” relata menor proporção de indivíduos adultos responsáveis pela manutenção da estrutura demográfica, bem como responsáveis pela manutenção da diversidade e da estrutura genética das

populações da espécie. E na base da pirâmide, maior número de indivíduos que não chegam a idade reprodutiva (CONTE, 2004), provocando menor diversidade e heterozigosidade dentro das populações devido aos cruzamentos entre aparentados.

Além disso, as principais causas para tal estrutura genética espacial e para os cruzamentos entre aparentados têm sido listadas, como: o longo ciclo de vida, a alta densidade populacional e a maior dispersão de pólen e sementes em próximo a árvore de origem ou matriz de origem. Por isso, Silva e Reis (2010) com a finalidade de manter os índices de diversidade genética da palmeira juçara recomendaram a manutenção de densidades iguais ou superiores a 60 matrizes/ha.

Porém para entender e explicar a variabilidade e a estrutura genética de populações, como as espécies evoluíram e de que forma essa diversidade pode ser mensurada, têm sido utilizados marcadores morfológicos ou moleculares. Quanto à diversidade genética da palmeira juçara, Reis et al (2000c), com uso de marcadores moleculares alozímicos, mostrou que o processo de recomposição da espécie está relacionado com aspectos genéticos devido ao excesso de heterozigotos na fase adulta em detrimento de suas progênies. Evidências que também foram confirmadas por Conte et al. (2003), no estudo de diferentes fases do ciclo de vida, acompanhadas durante um período de dez anos. Esses estudos revelaram que o aumento nos níveis de heterozigosidade está concentrado na passagem da fase de plântulas para as demais, sendo este comportamento relacionado à alta taxa de mortalidade encontrada na primeira categoria. Além disso, houve um aumento linear na frequência de certos alelos na direção dos indivíduos adultos, indicando que o processo de recrutamento também está ligado à sobrevivência diferencial de indivíduos que são portadores desses alelos.

Estudos referentes ao sistema reprodutivo, fluxo gênico, variabilidade e estrutura genética, foram realizados em diferentes populações naturais da palmeira juçara. Esses estudos mostram que a taxa de cruzamento (RITLAND; JAIN, 1981) estimada com marcadores alozímicos (REIS et al., 1996a) e com marcadores microssatélites (GAIOTTO et al. (2003) apresentam valores próximos de 1, confirmando a alogamia predominante da espécie conforme sugerido previamente por Reis et al. (1996b). As estimativas de fluxo gênico ( $Nm$ ), em média, foram de 3,37 em cada *loci* microssatélite (GAIOTTO et al., 2003) e de 10,7 em *loci* alozímico (REIS, 1996a), o

que caracteriza uma acentuada movimentação de alelos entre as populações da espécie. Cardoso et al. (2000), com uso de marcadores AFLPs, revelou variação genética moderada entre populações e a diferença genética entre populações foi positivamente correlacionada com a distância geográfica.

Recentemente, Oliveira et al. (2010), também realizou estudos visando a caracterização da variabilidade genética entre os 116 acessos de açazeiro (*Euterpe oleracea*) que compõe a coleção de germoplasma da Embrapa Amazônia Oriental, por meio da utilização de marcadores microssatélites desenvolvidos para a palmeira juçara (*Euterpe edulis*) por Gaiotto et al. (2001). Esses autores verificam a transferibilidade de *loci* SSR entre as espécies de *Euterpe*, bem como identificaram uma ampla diversidade genética, que poderá ser utilizada para a composição de uma coleção nuclear para essa espécie. Além disso, os referidos autores identificaram grupos considerados geneticamente mais distantes, que poderão ser utilizados para compor programas de melhoramento genético do açazeiro (*Euterpe oleracea*) e também para a palmeira juçara (*Euterpe edulis*).

Todavia, trabalhos com diversidade gênica da palmeira juçara mostram níveis de diversidade genética pouco pronunciados entre as populações e maior diversidade intrapopulacional da palmeira juçara (REIS et al. 1998; REIS et al., 2000b; CONTE et al., 2003; GAIOTTO et al., 2003; CONTE, 2004; CONTE 2006; CONTE et al., 2008; FUCHS; HAMRICK, 2010, KONZEN; MARTINS, 2017). Todos os estudos indicam uma importante dependência de grandes populações com alta heterose para aumentar a variabilidade genética de suas populações fragmentadas pela ação antrópica.

No Estado do Espírito Santo foi realizado um estudo da diversidade genética por Carvalho (2015) com uso de 13 *primers* microssatélites em 20 populações de três regiões diferentes no Estado. Os índices de diversidade desse estudo mostraram diferenciação moderada entre as 20 populações avaliadas ( $F_{ST}=0,18$ ;  $G_{ST}=0,17$ ;  $R_{ST}=0,23$ ) e presença de endogamia ( $F_{IS} = 0,35$ ). Os resultados também indicaram elevada variação dentro de populações e baixa variabilidade genética entre as populações. Porém ainda não relato sobre a estrutura populacional da palmeira juçara (*Euterpe edulis*) no Estado do Espírito Santo entre diferentes unidades de conservações ao Norte do Estado, onde as populações ainda estão protegidas da ação antrópica. Espera-se, portanto, que esta pesquisa possa subsidiar com

informações genéticas sobre a diversidade genética e a estrutura populacional para o manejo florestal, a conservação da espécie e o melhoramento genético da palmeira juçara.

## 2.5 IMPORTÂNCIA ECONÔMICA E NUTRICIONAL DA ESPÉCIE

A palmeira juçara produz um palmito comestível de excelente qualidade, muito apreciado por seus consumidores, com alto valor agregado e amplamente consumido na alimentação humana (COLETTI; VERRUMA-BERNARDI, 2015). Contudo, como o corte do palmito causa a morte da planta (MARTINS-CORDER et al. 2009), a exploração sustentável dos frutos revela-se uma atividade mais lucrativa que a extração do seu palmito; além de garantir o tamanho populacional e não representar consequências significativas ao equilíbrio ambiental (MAC FADDEN, 2005).

A polpa dos frutos da palmeira juçara tem seguido como modelo de mercado, o sucesso de produção e comercialização da polpa dos frutos do açazeiro ou açai do Pará (*Euterpe oleracea*) no norte do país. No sudeste, a polpa de palmeira juçara tem sido comercializada em feiras, bares, lanchonetes, cafés e supermercados (GUIMARÃES, et al., 2015). O potencial de crescimento no valor da juçara é elevado e uma prova disso é o preço dos frutos da palmeira juçara, quadruplicou entre 2000 e 2012, passando de R\$ 0,41 a R\$ 1,69 o quilo (ANDRADE et al., 2014). Hoje, a demanda pelo produto já é maior que a oferta, o que representa uma oportunidade para a entrada da palmeira juçara no mercado.

Recentemente, iniciativas de produção do açai com os frutos da palmeira juçara podem ser verificadas em vários estados inseridos no domínio da Mata Atlântica, como São Paulo, Rio de Janeiro, Espírito Santo, Paraná e Rio Grande do Sul (REIS, 2012). Além do Estado de Santa Catarina, onde muitos têm municípios têm demonstrado interesse na atividade de extração de polpa dos frutos, com incentivo do principal órgão de pesquisa e extensão rural do Estado, a EPAGRI, que atua tanto na pesquisa quanto na extensão rural em prol da agrossilvicultura da palmeira juçara (ZAMBONIM, 2016).

Segundo dados subestimados da CONAB (2016) mostram que a produção nacional de frutos da palmeira de juçara totalizou 193 toneladas, sendo o Estado de

Santa Catarina o seu maior produtor num volume de 162 toneladas, concentrando 84% da produção nacional e o estado do Espírito Santo (ES) com a menor produção (CONAB, 2016). Guimarães et al. (2015), diz que em um hectare de floresta natural da Região Serrana do Estado Espírito Santo é possível extrair aproximadamente 885 quilos de frutos por ano, considerando que somente 70% dos indivíduos adultos se reproduzem. Como são poucos produtores rurais dedicados ao plantio da palmeira juçara (*Euterpe edulis*) no estado do ES até o momento e por apresentar condições favoráveis de cultivo em 70 % dos municípios, há uma forte tendência que o tenha um maior produção de frutos nos próximos anos.

O interesse de seus consumidores, no mercado nacional e internacional, está no pelo reconhecido valor nutricional da polpa como um alimento rico em antocianinas e como alimento funcional. Antocianinas são pigmentos da polpa dos frutos que pertencem há um grupo de flavonoides responsáveis pela coloração roxo-negra de seus frutos, como a cianidina-3-glicosídeo (1358mg/100g de peso seco) e a cianidina-3-rutinosídeo (1565mg/100g de peso seco) (ROSSO et al., 2008). Em maior concentração quando comparado com outras com outras frutas e alimentos (BRITO et al., 2007). Esses compostos orgânicos apresentam grande potencial farmacológico, pois incluem propriedades antioxidantes com capacidade de suprimir o radical peroxil e a oxidação intracelular (ELISIA et al., 2007). Por isso, possui ação anti-inflamatórias (XIA et al., 2009), com capacidade de inibição da oxidação do LDL (CHANG et al., 2006), diminuindo os riscos de doenças cardiovasculares (TOUFEKTSIAN et al., 2008) e anticancerígeno (CHEN et al., 2006).

A ação antioxidante das antocianinas presentes nos frutos retarda o envelhecimento, prolonga a vida das células, aumenta as defesas imunitárias, propicia uma melhor circulação sanguínea e protege o organismo contra o acúmulo de lipídeos nas artérias (ROGEZ, 2000). Até o momento foram identificadas diversas propriedades farmacológicas e medicinais das antocianinas (MENEZES et al., 2008; KUSKOSKI; FETT; ASUERO, 2002) e a polpa dos frutos da palmeira juçara é, por isso, enquadrada como alimento funcional; pois além de ser antioxidante, anti-inflamatório, imunomodulador, melhorar a dislipidemia, tem efeito antienvhecimento e pode contribuir para amenizar distúrbios metabólicos como a diabetes tipo 2 (PORTINHO et al., 2012). Além disso, esses pigmentos antocianídicos também apresentam excelente potencial para sua integração no

mercado como substituto dos pigmentos sintéticos na indústria farmacêutica (DIAS et al., 2016).

Outra característica interessante aos consumidores está no valor energético que a polpa apresenta, rica em carboidratos e alto teor de lipídios poli-insaturados, como os ácidos graxos essenciais (Ômega 6 e Ômega 9), é considerado um dos frutos mais nutritivos cultivados da Floresta Atlântica. Segundo SILVA et al. (2013). O interesse funcional e nutricional é marcado por ser um alimento rico em fibras e minerais (K, Fe, Co, Mg, Cu, Zn, Mn e Mo). O consumo diário de um litro da polpa do açaí do tipo médio contém 66% da ingestão diária requerida de lipídios, 90% das recomendações diárias de fibras alimentares totais e 25% da quantidade nutricional diária necessária de proteínas (ROGEZ, 2000).

De acordo com Borges et al. (2011), a polpa de frutos da palmeira juçara extraída (manualmente) de diferentes populações do estado de Santa Catarina, demonstrou característica físico-química de umidade de polpa em torno de 40%, com um pH próximo a cinco, com acidez titulável de 0,22 (expresso em miligrama) equivalente ácido cítrico  $100\text{g}^{-1}$  de polpa fresca % g.  $100\text{g}^{-1}$  de matéria seca) Além de possuir média de 6,5% de proteína, 20 % de lipídeos e 2% de cinzas (Tabela 1). Os valores de Borges et al (2001), mostra também que as características físico-químicas da polpa pode variar de acordo com a resposta ecofisiológica da planta em cada ambiente.

Tabela 1: Composição química dos frutos de juçara (*Euterpe edulis* M.) cultivados no Estado de Santa Catarina.

Região de origem	Umidade (%)	pH	Acidez	Proteína (%)	Lipídeos (%)	Cinzas (%)
A	40,09 ± 0,23 <sup>b</sup>	5,45 ± 0,01 <sup>a</sup>	0,21 ± 0,07 <sup>c</sup>	5,13 ± 0,15 <sup>c</sup>	18,45 ± 1,15 <sup>c</sup>	1,99 ± 0,08 <sup>a</sup>
B	34,95 ± 1,11 <sup>d</sup>	4,72 ± 0,02 <sup>a</sup>	0,30 ± 0,19 <sup>b</sup>	8,21 ± 0,09 <sup>a</sup>	29,37 ± 2,08 <sup>b</sup>	1,86 ± 0,04 <sup>a</sup>
C	37,02 ± 0,14 <sup>c</sup>	5,36 ± 0,01 <sup>a</sup>	0,23 ± 0,70 <sup>c</sup>	7,15 ± 0,15 <sup>ab</sup>	43,19 ± 2,39 <sup>a</sup>	2,07 ± 0,34 <sup>a</sup>
D	42,47 ± 0,41 <sup>a</sup>	4,65 ± 0,02 <sup>a</sup>	0,22 ± 0,03 <sup>c</sup>	5,84 ± 0,04 <sup>b</sup>	18,96 ± 2,30 <sup>c</sup>	1,55 ± 0,23 <sup>a</sup>
E	37,93 ± 0,33 <sup>c</sup>	4,47 ± 0,01 <sup>a</sup>	0,48 ± 0,04 <sup>a</sup>	7,33 ± 0,02 <sup>ab</sup>	44,08 ± 1,87 <sup>a</sup>	3,32 ± 0,01 <sup>a</sup>

Resultados em triplicada e com desvio padrão ( $\pm$ ). <sup>a-d</sup> As letras diferentes sobrescritas entre as mostras indicam diferenças significativas (teste de Tukey,  $p < 0,05$ ). Fonte: BORGES et al., (2011).

Segundo a ingestão diária recomendada (IDR) de minerais, uma porção de 200 gramas de polpa de frutos da palmeira juçara apresenta quantidades superiores às

recomendadas para suprir as necessidades diárias na dieta de adultos ou crianças de 7 a 10 anos, principalmente dos minerais magnésio, cobre, zinco, ferro, manganês e molibdênio (Silva et al., 2013). Por isso, recomenda-se esse alimento como alimento chave na merenda escolar, contribuindo para o pleno desenvolvimento das crianças (YUYAMA et al., 2002).

Para consumidores da dieta vegana ou vegetariana, a polpa dos frutos da palmeira juçara torna-se um alimento importante por ser um alimento rico em ferro e cálcio (Tabela 2). Como esses consumidores possuem uma dieta restritiva em carnes, principal fonte de vitamina B12, cerca de 70% dos veganos ou vegetarianos sofrem com a falta de cobalamina, conhecida como vitamina B12 (COUCEIRO; SLYWITCH; LENZ, 2008). Dessa forma, a polpa da palmeira juçara pode contribuir para biodisponibilidade da vitamina 12, já que a polpa possui em sua composição 172,50 mg por matéria seca de Cobalto (Co) (SILVA et al., 2013). Com a biodisponibilidade do oligoelemento Co no trato digestivo do ser humano, a síntese pode ser facilitada desta enzima (cobalamina) pode ser facilitada, uma vez que são enzimas produzidas por micro-organismos que requerem a presença do Co. Segundo dados da organização das nações unidas para alimentação e agricultura, para adultos, dietas contendo 1,8 µg de Co por dia é adequada para manter a funcionalidade do organismo, mas consumos menores mostram sinais de deficiência (FAO/WHO, 2001).

Ao se comparar a polpa dos frutos da palmeira juçara com outros alimentos, Silva et al., (2013) perceberam que ela contém três vezes mais potássio do que a banana (amplamente conhecida como boa fonte desse mineral). A Tabela Brasileira de Composição de Alimentos – TACO (NEPA-UNICAMP, 2006) especifica que este fruto possui 387 mg de potássio (K) em 100 g de fruta fresca; já a polpa da palmeira juçara tem o aporte de 1150 mg de potássio em 100 gramas do produto, ou seja, o triplo do encontrado na banana. Evidências sugerem que o aumento do consumo desse mineral diminui a pressão arterial e também o risco de acidente vascular cerebral (AVC) (COHN et al., 2000). E os teores de Fe em polpa de juçara (6,9 mg 100 g<sup>-1</sup>) assemelham-se aos encontrados no feijão preto (6,5 mg 100 g<sup>-1</sup>) (NEPA-UNICAMP, 2006) considerado rica fonte deste mineral, indispensável ao combate à anemia.

Em um estudo comparativo de Silva, Barreto e Seródio (2004) entre a polpa da

palmeira juçara (*Euterpe edulis*), e do açazeiro (*Euterpe oleracea*), valores superiores para o potássio (K), ferro (Fe), zinco (Zn) e manganês (Mn) foram encontrados na polpa da palmeira juçara em relação a polpa do açazeiro. Já os teores de fósforo, cálcio e cobre, foram maiores no açai (Tabela 2).

Tabela 2: Composição mineral e características químicas da polpa dos frutos de açai e juçara, na matéria seca.

Elementos minerais								
Espécies	P*	K*	Ca*	Mg*	Fe*	Zn*	Cu*	Mn*
	(g/kg)	(g/kg)	(g/kg)	(g/kg)	(mg/kg)	(mg/kg)	(mg/kg)	(mg/kg)
<i>E. edulis</i>	1,4 <sup>a</sup>	7,4 <sup>b</sup>	4,8 <sup>a</sup>	1,4 <sup>a</sup>	328,5 <sup>b</sup>	10,1 <sup>b</sup>	20,4 <sup>a</sup>	34,3 <sup>a</sup>
<i>E. oleracea</i>	0,8 <sup>b</sup>	12,1 <sup>a</sup>	4,3 <sup>a</sup>	1,5 <sup>a</sup>	559,6 <sup>a</sup>	12,2 <sup>a</sup>	14,0 <sup>b</sup>	43,4 <sup>a</sup>

Características químicas					
Espécies	pH	Proteína	Açucares totais	Lipídeos	Calorias
		g/kg	g/kg	g/kg	Kcal/100g
<i>E. edulis</i>	4,8 <sup>a</sup>	77,6 <sup>a</sup>	10,2 <sup>b</sup>	130,90 <sup>b</sup>	152,93
<i>E. oleracea</i>	4,7 <sup>a</sup>	67,2 <sup>b</sup>	12,08 <sup>a</sup>	137,80 <sup>a</sup>	155,74

\*P = fósforo; \*K = potássio; \*Ca = cálcio; \*Mg = magnésio; \*Fe = ferro; \*Zn = zinco; \*Cu = cobre; e \*Mn = manganês. <sup>a-b</sup> As letras diferentes sobrescritas entre as mostras indicam diferenças significativas (teste de Tukey,  $p < 0,05$ ). Fonte: Adaptada de Ceplac/Cepec/Sefis (2004) citado por de Silva, Barreto e Seródio (2004).

Ao comparar conteúdo de antocianinas monoméricas da polpa da palmeira juçara com a polpa do açazeiro, a polpa da palmeira juçara destaca-se por possuir conteúdo de antocianinas monoméricas (13,47 mg/g) dez vezes maior que o encontrado na polpa do açazeiro (com 3,36 mg/g) (IADEROZA et al., 1992; YUYAMA et al. 2002). Na análise do pH diferencial, por Dias et al (2016), o resultado obtido no extrato de juçara foi consideravelmente elevado com  $20,94 \pm 1,57$  mg/g de antocianina monomérica por extrato. Para Hassimotto et al. (2008) a ampla variação nos teores de antocianinas monoméricas é resultado de possíveis efeitos das condições climáticas da região cultivada, estágio de maturação, espécie e cultivar, além da metodologia empregada.

Brito et al. (2007) analisaram o conteúdo de antocianina de alguns frutos tropicais, como a acerola (*Malpighia emarginata*), juçara (*Euterpe edulis*), jambolão (*Syzygium cumini*) e guajiru (*Chrysobalanus icaco*). A maior quantidade de antocianina foi encontrada na polpa da palmeira juçara (290 mg de antocianina/100 g de peso fresco), seguido pelo guajiru (104 mg de antocianina/100 g de peso fresco),

jambolão (79 mg de antocianina/100 g de peso fresco), clone de acerola II47/1 (48 mg de antocianina/100 g de peso fresco) e acerola roxinha (23 mg de antocianina/100 g de peso fresco).

Outra importância atribuída ao consumo da polpa da palmeira juçara é que ao se considerar que o consumo de compostos antioxidantes, a polpa não apresenta efeito mutagênico ou citotóxico em células da medula óssea e do sangue periférico de ratos Wistar (BARBOSA et., 2013; BARBOSA, 2014). Além disso, a polpa ainda apresenta efeito antígenotóxico frente aos danos induzidos pelo MMS em células hepáticas nas doses de 125 e 500 mg/kg p.c, confirmando o efeito benéfico à saúde humana.

No Brasil ainda não existe legislação específica para polpa da palmeira juçara, então se toma como referência o estabelecido na Instrução Normativa nº 01 (BRASIL, 2000) que fixa os padrões de identidade e qualidade para polpa de açaí do açazeiro. A norma determina que polpa de açaí seja o produto extraído da parte comestível do fruto do açazeiro após amolecimento através de processos tecnológicos adequados. Também determina que a polpa de açaí é obtida de frutas frescas, sãs, maduras, atendendo às respectivas especificações, desprovidas de terra, sujidade, parasitas e microrganismos que possam tornar o produto impróprio para o consumo. Mas em momento algum determina que a polpa do açaí tenha origem somente do açaí, abrindo espaço para que a polpa do açaí possa ser extraída também dos frutos da palmeira juçara.

Do ponto de vista ambiental, os frutos da palmeira juçara são uma importante fonte de alimento para vertebrados frugívoros, como tucanos, jacus, jacutingas, mutuns, arapongas, sabiás, bem-te-vis e uma série de mamíferos, como roedores, marsupiais, primatas e morcegos (GALETTI; ALEIXO, 1998). Uma vez que produz expressiva quantidade de frutos, especialmente na época de escassez de frutos na floresta, seus frutos compõe um papel fundamental na dieta desses animais (FADINI et al., 2009). Além disso, o consumo desses animais faz dos frutos da palmeira juçara responsáveis pela influência na dinâmica da dispersão de sementes, especialmente aquelas de maior tamanho, uma vez que diversas aves dispersoras migram para acompanhar a maturação de seus frutos, que varia em função da altitude (GALETTI; ZIPPARRO; MORELLATO, 1999; MULER et al., 2014).

Ainda sob o ponto de vista ambiental, a exploração sustentável através da

despolpa dos seus frutos, fornecem como produto não só a polpa para ser consumida na alimentação humana, mas também uma grande quantidade de sementes viáveis. Essas sementes podem e devem ser utilizadas para incremento das populações, repovoamento de áreas onde as palmeiras já foram extinta e, portanto, sem capacidade de regeneração natural. Segundo a instrução normativa número 003/2013 do Instituto de Defesa Agropecuária e Florestal do Espírito Santo (IDAF, 2013), diz que, como forma compensatória, após a despolpa, no mínimo 20% das sementes deverão ser devolvidas às áreas na forma de semeadura a lanço na unidade de manejo.

Por isso, considerando-se a ampla distribuição na Mata Atlântica e a importância econômica que esta palmeira representa, estudos serão necessários para iniciar seu processo de domesticação para a produção da polpa. Isto começa a acontecer com pesquisas que visam à seleção de genótipos promissores com base científica fundamentada e a atuação de agroindústrias regionais que utilizam métodos e equipamentos técnicos modernos para oferecer produtos que satisfaçam as necessidades do mercado consumidor para a polpa dos frutos da palmeira juçara.

## 2.6 DIVERSIDADE GENÉTICA BASEADA EM INFORMAÇÕES FENOTÍPICAS

A diversidade genética entre e dentro das populações, pode ser predita pela manifestação das diferenças entre os valores fenotípicos em suas unidades (indivíduos, famílias, etc.) que são mensurados através das diferenças entre caracteres como: tamanho de frutos, número de cachos e forma dos frutos de cada planta. Dessa forma, a diversidade genética pode ser predita em condições naturais de cada população.

Para a caracterização da diversidade genética das espécies vegetais, animais e de microrganismos, busca - se em agrupar genótipos similares, de maneira que as maiores diferenças ocorram entre os grupos formados. Técnicas multivariadas, como análise discriminante, componentes principais, análise de coordenadas e de agrupamento, podem ser aplicadas nestes tipos de estudo (CRUZ; FERREIRA; PESSONI, 2011). A adoção de uma, entre as técnicas citadas, varia de acordo com o padrão de resultado desejado e com a informação disponível, seja de característica morfológica, fisiológica, ecológica ou genético-molecular (DINIZ

FILHO, 2000).

Por isso, o estudo da diversidade genética tem como as principais finalidades: proporcionar informações sobre a variação genética existente entre genótipos e permitir a identificação de parentais divergentes (com maiores efeitos heteróticos) para serem utilizados nos cruzamentos. Os programas de melhoramento utilizaram estratégias de recombinação gênica que possibilitem a obtenção de genótipos superiores através de cruzamentos divergentes e complementares.

Tais estudos são fundamentais também na genética de populações para o entendimento sobre as causas da diferenciação das populações ao longo da distribuição temporal e geográfica da(s) espécie(s). Nesse sentido, o estudo pode fornecer subsídios para o conhecimento sobre a evolução (seleção natural, deriva genética, migração etc.) e observações de padrões filogenéticos e biogeográficos entre os organismos, através do espaço e do tempo.

As maneiras como os indivíduos pertencentes a uma espécie se distribuem no espaço físico depende principalmente: dos limites estabelecidos pelas variáveis ecológicas; do modo de reprodução e dos mecanismos de dispersão da espécie; dos eventos estocásticos que resultem na formação ou extinção de populações ou em variações do seu tamanho efetivo; e das variáveis ambientais, que impõem diferentes coeficientes de seleção a cada genótipo (ROBINSON, 1998).

Neste contexto, tornam-se essenciais conhecimentos acerca da estimação de componentes de variância (parâmetros genéticos) e a predição de valores genotípicos, pois são fundamentais para discernir as variâncias genotípicas e ambientais, além de avaliar as estimativas dos parâmetros genéticos que teremos para delinear estratégias de melhoramento eficientes, como exemplo: através da herdabilidade e das correlações genéticas (STURION; RESENDE, 2010).

Na literatura são citadas diferentes metodologias de estimação de parâmetros genéticos, para dados balanceados e não balanceados. Experimentos com dados balanceados são comuns em pesquisas agrônomicas. Normalmente, quando o pesquisador vai a campo, coletar as informações para sua análise, pode estar associado, ainda, ao desbalanceamento de dados devido a vários motivos, como perdas de plantas e parcelas, quantidades desiguais de sementes e mudas disponíveis por tratamento, rede experimental com diferentes delineamentos experimentais, não avaliação de todas as combinações genótipo-ambiente, dentre

outros. Para tanto, tem-se o procedimento de análise e de estimação de avaliação genotípica denominado REML/BLUP (máxima verossimilhança residual ou restrita/melhor predição linear não viciada), também denominado genericamente de metodologia de modelos mistos. Neste método consideram-se o desbalanceamento para as estimações e predições mais precisas de parâmetros genéticos e valores genéticos, respectivamente (RESENDE, 2007b).

O procedimento ótimo de seleção é o BLUP para efeitos genéticos aditivos (a), de dominância (d) e genotípicos (g), dependendo da situação. Conforme Resende e Higa (1994), o BLUP é o procedimento que maximiza a acurácia seletiva e, portanto, é superior a qualquer outro índice de seleção combinada, exceto aquele que usa todos os efeitos aleatórios do modelo estatístico, índice multiefeitos, o qual é o próprio BLUP para o caso de dados balanceados (RESENDE; FERNANDES, 1999).

O BLUP permite também o uso simultâneo de várias fontes de informações como as advindas de vários experimentos instalados em um ou vários locais e avaliados em uma ou várias colheitas. O BLUP individual utiliza todos os efeitos do modelo estatístico, contempla o desbalanceamento, utiliza o grau de parentesco genético entre indivíduos em avaliação e considera a coincidência entre unidade de seleção e unidade de recombinação. A predição usando BLUP assume que os componentes de variância são conhecidos (RESENDE, 2002a).

A análise de variância (Anova) e análise de regressão foram durante muito tempo, o principal arcabouço de análise e modelagem estatística. Entretanto, estas técnicas têm limitação para lidar com análises com dados desbalanceados e com parentesco entre tratamentos. Atualmente, o método REML é muito utilizado nestas situações em função de sua maior acurácia nas estimativas (PIMENTEL, 2014). Tal procedimento constitui-se no procedimento padrão para análise estatística em uma grande gama de aplicações. Em experimentos agrônomicos e florestais, o REML tem substituído com vantagens o método Anova. Na verdade, o REML é uma generalização do Anova para situações mais complexas, pois é um método eficiente no estudo das várias fontes de variação associadas à avaliação de experimentos de campo, permitindo desdobrar a variação fenotípica em seus vários componentes genéticos, ambientais e de interação genótipo x ambiente (RESENDE, 2007b).

As principais vantagens práticas, o REML/BLUP são: comparação de indivíduos ou variedades através do tempo (gerações, anos) e espaço (locais, bloco);

simultânea correção para os efeitos ambientais; estimação de componentes de variância e predição de valores genéticos; analisar com estruturas complexas de dados (medidas repetidas, diferentes anos, locais e delineamentos); aplicar a dados desbalanceados e a delineamentos não ortogonais; utilizar simultaneamente um grande número de informações, provenientes de diferentes gerações, locais e idades, gerando estimativas e predições mais precisas; ajuste de vários modelos alternativos, podendo-se escolher o que se adequar melhor aos dados e, ao mesmo tempo, é parcimonioso, isto é, apresenta menor número de parâmetros (RESENDE, 2002a).

Em termos gerais, a partir da obtenção do conjunto de dados disponíveis adequados para avaliar a diversidade genética entre os genótipos disponíveis, a análise permite diferenciar os genótipos em grupos. Formados pelas estimativas e pelas medidas de distância (dissimilaridade), estes grupos permite associar a capacidade de alocação ou de discriminação entre os indivíduos, nos seus respectivos centro de referência (populações), com base nas variáveis avaliadas. Além de formular e testar hipóteses sobre as causas dessa aglomeração ou dispersão (CRUZ; FERREIRA; PESSONI, 2011). Para isso, fazem-se necessário o uso de ferramentas características e computacionais, como as análises multivariadas, para quantificar as estimativas de dissimilaridades para formação de tais grupos.

## 2.8 MELHORAMENTO DE PALMEIRA JUÇARA PARA PRODUÇÃO DE POLPA

No Brasil, os primeiros estudos científicos feitos para a palmeira juçara datam de 1973 com observações preliminares sobre a cultura na Escola Superior de Agricultura "Luiz de Queiroz" da Universidade de São Paulo, com o objetivo de caracterizar a morfologia dos frutos e das sementes e promover estudos sobre o melhoramento genético da espécie (ACCORSI; BARROS, 1974). Posteriormente surgiram os primeiro estudos no Instituto Agrônomo em Campinas (IAC) (BOVI; CARDOSO, 1975; BOVI; CARDOSO, 1978a) focados na produção do palmito (meristema apical) para alimentação humana atendendo o mercado consumidor nacional e internacional da época. Uma década depois foram publicados estudos sobre o superior desenvolvimento vegetativo do híbrido entre a palmeira juçara

(*Euterpe edulis*) e o açazeiro (*Euterpe oleracea*) para a produção do palmito para alimentação humana (FERREIRA et al., 1982; BOVI et al., 1986, BOVI, et al., 1987).

O primeiro trabalho genético aplicado ao melhoramento genético da palmeira juçara para produção de frutos foi publicado em 1991 por Bovi et al. (1991), aborda os melhores descritores morfológicos a serem usados para seleção da espécie relacionada aos frutos com uso da análise dos resultados das correlações fenotípicas. Até então, nos últimos anos, os estudos relativos ao melhoramento genético de palmeiras passaram a serem concentrados no açazeiro pela importância histórica, cultural e econômica presente no Norte do Brasil para a produção de polpa de açaí (BOVI et al., 1990a; BOVI et al., 1990b; CAVALCANTE, 1991; LIMA, 1991; NOGUEIRA, 1997; OLIVEIRA et al., 1998).

Como resultado foi criado a Coleção de Germoplasma da Embrapa Amazônia Oriental onde foram registradas expressivas variações fenotípicas no que concerne aos caracteres de açazeiros (*Euterpe oleracea*) conforme (OLIVEIRA, 1995; OLIVEIRA et al., 1998). A única coleção que possui a palmeira juçara (*Euterpe edulis*) e que se têm relado na literatura até hoje, pertence ao Instituto agrônomo de Campinas – IAC, constituída por 90 acessos instalados em três municípios da região litorânea de São Paulo (OLIVEIRA et al., 2000c).

Todavia, nessa coleção os acessos vêm sendo caracterizados e avaliados visando à produção do palmito (KIYUNA; SANTIAGO; BOVI, 1997), porém sem dados precisos para produção de frutos da palmeira juçara (OLIVEIRA et al., 2000d). Por isso, devido à ausência de banco de germoplasmas com a palmeira juçara ao longo do território brasileiro, os pesquisadores que se interessaram pela variabilidade genética da espécie, tiveram que adentrar em áreas com populações naturais (CONTE et al., 2003).

Em 2013, teve início o Pré-Melhoramento da palmeira juçara na Universidade Federal do Espírito Santo (UFES) no Programa de Pós-Graduação em Genética e Melhoramento (PPGGM). Algumas publicações já demonstraram o potencial de pesquisa do grupo Biometria, liderado pelo professor doutor Adésio Ferreira, como em Senra et al. (2011), Carvalho et al. (2014a), Carvalho et al. (2014b), Ferreira et al. (2014), Carvalho et al. (2015), Oliveira et al. (2015) e Canal et al. (2016). Neste programa, a caracterização de germoplasma é a base para geração de informações sobre a estrutura populacional, fontes de genes de interesse, erosão genética, entre

outros conhecimentos fundamentais para sustentabilidade e produtividade do manejo agrícola. As pesquisas deste grupo iniciaram no sul do Estado do Espírito Santo e tende a se expandir para todo território brasileiro com objetivo de se estudar a caracterização da diversidade genética e a pré-seleção de genótipos promissores para a produtividade os frutos da palmeira juçara.

### 3. OBJETIVO

Caracterizar a variabilidade genética e selecionar genótipos da palmeira juçara (*Euterpe edulis*) promissores para a produção de frutos para polpa no Estado Espírito Santo.

#### 3.1 OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- Estimar as variâncias fenotípicas e genotípicas dos descritores da palmeira juçara relacionados a produção de polpa dos frutos;
- Estimar as correlações genotípicas entre dos descritores morfométricos relacionados aos frutos (DLF, DEF, DLS, DES, MF, MS MCF, MCS e Rp); e os descritores relacionados a morfologia da planta (MC, NC e NRC);
- Analisar os efeitos diretos e indiretos sobre o Rendimento de Polpa (%) pela análise de trilha;
- Utilizar os valores genéticos preditos para análise das dissimilaridades genética entre os genótipos e entre as populações;
- Analisar a diversidade genética por meio de marcadores moleculares (SSR) e comparar com a variabilidade genotípica encontra pelo método REML/BLUP existente entre os genótipos e as populações.
- Analisar e identificar a estrutura das populações naturais da palmeira juçara nas regiões estudadas;
- Selecionar genótipos com maior ganho genético para o rendimento de polpa;
- Indicar cruzamentos possíveis para aumento de heterose e características desejáveis para seleção de plantas com maior rendimento de polpa.

## CAPITULO 1

### ESTIMATIVA DE PARÂMETROS GENÉTICOS PARA GENÓTIPOS E POPULAÇÕES DA PALMEIRA JUÇARA (*EUTERPE EDULIS*) PARA PRODUÇÃO DE FRUTOS PARA POLPA

#### RESUMO

Para selecionar genitores em programas de melhoramento deve-se obter os componentes de variância para estimar parâmetros genéticos e prever valores genéticos. Com uso do método REML (método da máxima verossimilhança restrita) seguido de BLUP (melhor predição linear não viesada), o objetivo deste estudo foi estimar as variâncias fenotípicas e genotípicas de palmeira juçara (*Euterpe edulis* Martius). Para isso foram amostradas 102 plantas em frutificação e coletados 10.500 frutos em nove populações presentes na região Norte, Nordeste e Centro Serrana no estado do Espírito Santo. Os componentes de variância foram estimados por meio do software Selegen pelo método REML/BLUP. Para análise de estimativa da variância fenotípicas o número de medições (25) por genótipos apresentaram alta repetibilidade e os descritores mais indicados para seleção de genótipos para a produção de polpa de juçara foram DLF e DES. Os diferentes descritores utilizados permitiram analisar diferenças das estimativas entre os genótipos e as populações da palmeira juçara. Foi verificado que as estimativas dos parâmetros genéticos dos descritores entre os genótipos foram mais eficientes que o estimativas dos parâmetros genéticos entre as populações. A análise das variâncias entre as populações apresentaram a que o descritor com alta herdabilidade (59%) e de fácil mensuração foi a massa do cacho (MC).

**Palavras-chave:** *Euterpe edulis*, polpa de juçara, repetibilidade, herdabilidade.

## 4.1 INTRODUÇÃO

A palmeira juçara (*Euterpe edulis* Martius), uma espécie nativa da Mata Atlântica, atualmente está incluída na lista das espécies ameaçadas de extinção no Brasil (BRASIL, 2008). O estímulo para a utilização comercial de seus frutos é uma ação que pode contribuir para reforçar a conservação de populações de palmeiras juçara ameaçadas de extinção (RODRIGUES et al., 2012). Entretanto, para a espécie ser utilizada comercialmente, há necessidade de selecionar os genótipos mais adaptados e produtivos para a produção de polpa (OLIVEIRA et al., 2000; OLIVEIRA et al., 2015; MARÇAL et al., 2015).

O objetivo maior do melhoramento genético intrapopulacional é selecionar genitores que apresentem os melhores valores genéticos. Para estudos de melhoramento com espécies florestais, como a palmeira juçara, o método mais eficiente no estudo das estimativas e variáveis a serem preditas em avaliação de experimentos de campo é o método REML (método da máxima verossimilhança restrita) seguido de BLUP (melhor predição linear não viesada), e que tem substituído o método ANOVA para situações mais complexas, pois permite desdobrar a variação fenotípica em componentes genéticos, ambientais e de interação genótipo x ambiente mais eficientemente (RESENDE, 2002a). O procedimento REML/BLUP vem ganhando destaque e sendo aplicado com sucesso no melhoramento no Brasil em espécies frutíferas e florestais (OLIVEIRA et al, 2004; RODRIGUES et al., 2017).

Para estudos que visem a caracterização da diversidade genética, as estimativas dos parâmetros genéticos contribuem para análises multivariadas onde são capazes de descrever a divergência genética entre genótipos e populações através de um conjunto simultâneo de caracteres de interesse do pesquisador. Embora o volume de informações genéticas provenientes de marcadores moleculares tenha aumentado em grandes proporções, continua-se a dar ênfase ao estudo da diversidade por meio de características fenotípicas, principalmente pela natureza aditiva de algumas características e pelo interesse econômico em maximizar o êxito de diferentes estratégias de seleção (CRUZ; FERREIRA; PESSONI, 2011).

Neste contexto, este estudo vem estimar os parâmetros genéticos e analisar a influência dos efeitos ambientais temporais e permanentes sobre o fenotípico sobre

descritores relacionados a morfologia vegetativa e dos frutos da palmeira juçara (*Euterpe edulis*). Com a finalidade de fornecer informações preditivas para o direcionamento de programas de melhoramento genético em processos de seleção de genótipos mais promissores para aumento de produtividade dos frutos da palmeira juçara.

#### 4.2 MATERIAIS E MÉTODOS

Entre fevereiro de 2016 a fevereiro de 2017 foram amostrados 102 genótipos da palmeira juçara (*Euterpe edulis*) provenientes de três regiões diferentes no Estado do Espírito Santo (ES). Em cada região foram selecionadas Unidades de Conservação (UCs) que apresentam populações preservadas da palmeira juçara e em idade reprodutiva. Por isso, foram selecionadas: a Reserva Biológica do Córrego do Veado (CV) na região Norte, a Reserva Natural da Vale (V) na região Nordeste e a Estação Biológica de Santa Lúcia (SL) e Reservas Legais em Domingo Martins (DM) na região Centro Serrana (Figura 5).

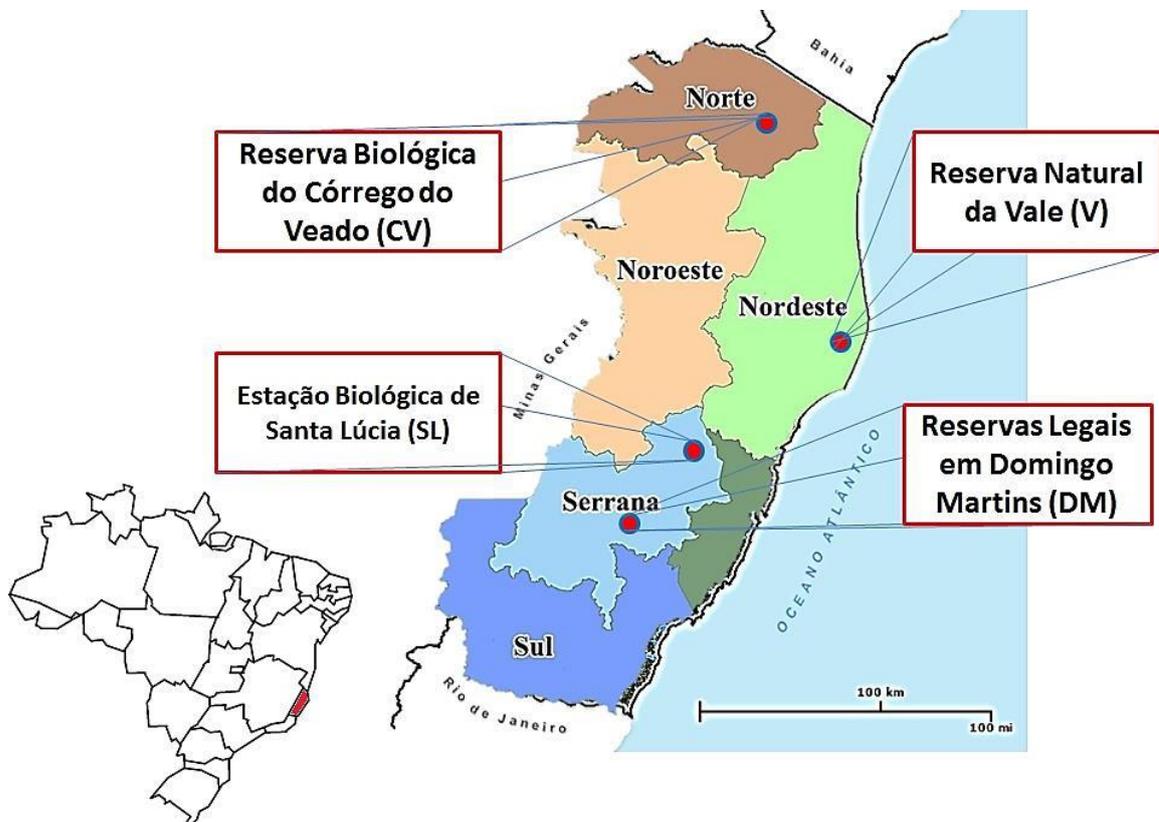


Figura 5: Mapa do Estado do Espírito Santo com as três regiões e a localização das unidades de conservação de onde foram colhidos os cachos com frutos maduros de 102 genótipos da palmeira juçara.

De cada unidade de conservação, foram amostrados de duas a três populações com média de 8 a 22 genótipos por população. As coordenadas geográficas podem ser verificadas no Apêndice A.

Para cada genótipo foram avaliados seis descritores relacionados a morfologia dos frutos com uso de 25 repetições aleatórias de cada fruto. Os descritores usados foram: diâmetro longitudinal do fruto (DLF), diâmetro longitudinal da semente (DLS), diâmetro equatorial do fruto (DEF) e diâmetro equatorial da semente (DES), massa do fruto (MF) e massa da semente (MS) (Tabela 3). Para a coleta dos dados foram utilizados o paquímetro digital (MET-MPD-200 /Metrotools) para as medidas dos diâmetros (longitudinal e equatorial) em milímetros e a balança analítica (M/BEL Engineering®) para mensuração da massa em gramas de frutos e sementes de cada genótipo. Os dados foram usados para realizar a análise das variâncias fenotípicas e ambientais entre os genótipos.

Tabela 3: Descritores morfométricos utilizados no estudo da divergência genética de populações da palmeira juçara (*Euterpe edulis*) no Estado do Espírito Santo.

<b>Nº</b>	<b>Descritor</b>	<b>Siglas</b>	<b>Unidade</b>
1	Número de cachos	NC	Número observado
2	Número de ráquias por cacho	NRC	Número observado
3	Massa do cacho	MC	Quilos
4	Diâmetro Longitudinal do fruto	DLF	Milímetros
5	Diâmetro Equatorial do fruto	DEF	Milímetros
6	Diâmetro Longitudinal da semente	DLS	Milímetros
7	Diâmetro Equatorial da semente	DES	Milímetros
8	Massa do fruto	MF	Gramas
9	Massa da semente	MS	Gramas
10	Massa de cem frutos	MCF	Gramas
11	Massa de cem sementes	MCS	Gramas
12	Rendimento de polpa	Rp	Porcentagem

Para cada população foi realizado a estimativa com uso de doze descritores. Para isso foram utilizados a média de 25 repetições dos seis descritores supracitados (DLF, DEF, DLS, DES, MF e MF) e o uso de seis descritores relacionados aos cachos de frutos de cada genótipo, tais como: observação do número de cachos (NC) e do número de ráquias por cacho (NRC) e a massa do cacho (MC) em quilos

com uso de balança gancho (Performace Plus – 12kg). Foram mensurados também a massa em gramas de cem frutos (MCF) e a massa de cem sementes (MCS) com uso de balança analítica (M/BEL Engineering®).

Para todas as medidas das sementes, os frutos foram imersos em água numa temperatura de 40°C em banho maria (Bunkere®) por 20 minutos. Todos frutos tiveram sua polpa (mesocarpo) extraída manualmente por uma faca comum de cozinha com ponta fina até a exposição completa da semente. Finalmente, após a extração de 10.200 frutos, avaliou-se o rendimento de polpa (Rp) em porcentagem de cada genótipo, utilizando o cálculo:  $\{Rp (\%) = [(MCF-MCS) /MCF] \times 100\}$ . Suas respectivas siglas e unidade são representadas na Tabela 3.

De posse das informações fenotípicas, para estimar os parâmetros dos descritores relacionados a morfologia dos frutos (DLF, DEF, DLS, DES, MF e MF). Com uso dessas informações foi utilizado o modelo misto de número 63 do software Selegen REML/BLUB que assume ausência de delineamento (RESENDE, 2002b). Esse modelo genético-estatístico é usado quando são tomados medidas repetidas por planta, neste caso, sem o uso de delineamentos experimentais. Os parâmetros gerados permitem estimar informações genéticas entre os genótipos, por isso essas informações podem ser usadas para estimativa da variabilidade genética intrapopulacional, os cálculos podem ser visualizados no apêndice B.

Para estimativa de parâmetros dos doze descritores relacionados aos frutos e aos cachos dos frutos, os dados fenotípicos dos genótipos por população foram analisados utilizando o modelo misto de número 20 do software Selegen REML/BLUB. Esse modelo genético-estatístico é usado quando as avaliações geralmente são realizadas ao nível de totais ou de médias por parcelas, gerando uma só observação por parcela. Foi considerado uma população por parcela, onde as informações genética foram utilizadas para a estimativa da variabilidade genética interpopulacional, os cálculos podem ser visualizados no apêndice C.

Para aplicar a metodologia de modelos mistos com dados desbalanceados, via metodologia REML/BLUP, o teste utilizado para os efeitos aleatórios foi o teste da razão de verossimilhança (LRT), por meio de uma análise de deviance. Esta análise, sugerida por Resende (2007a), representa uma generalização da análise de variância clássica, para casos balanceados e desbalanceados, e indica a qualidade do ajuste do modelo.

### 4.3 RESULTADOS E DISCUSSÃO

#### 4.3.1 Análise de Deviance

Por meio de uma análise de Deviance, ou teste de razão de verossimilhança (LRT), revela diferenças significativas entre o modelo completo com efeito fenotípico permanente (MC) e os desvios do modelo reduzido (sem efeito fenotípico permanente) EFP, para todas as variáveis com nível de 1% de probabilidade pelo teste qui-quadrado ( $\chi^2$ ) (Tabela 4).

Tabela 4: Análise de desvio (DEVIANCE) para o diâmetro longitudinal do fruto (DLF), diâmetro equatorial do fruto (DEF), massa do fruto (MF), diâmetro longitudinal da semente (DLS), diâmetro equatorial das sementes (DES), massa da semente (MS), obtido entre 102 acessos da palmeira juçara empregando a máxima probabilidade restrita (REML).

<b>FV</b>	<b>DLF</b>	<b>DEF</b>	<b>MF</b>	<b>DLS</b>	<b>DES</b>	<b>MS</b>
MC	408,29	796,44	-5966,86	425,56	375,62	-8194,21
EFP	5026,82	5474,45	-1152,38	4386,82	5190,31	-3375,03
<b>LRT (<math>\chi^2</math>)</b>	<b>4618,53**</b>	<b>4678,01**</b>	<b>4814,48**</b>	<b>3961,26**</b>	<b>4814,69**</b>	<b>4819,18**</b>

FV – Fonte de Variação; EFP – Efeito Fenotípico Permanente (causa genética + ambiental permanente), MC – Modelo Completo; LRT – Teste de taxa de verossimilhança; \*\* Significativo pelo teste de  $\chi^2$ , com 1 grau de liberdade com nível de 1% de probabilidade.

As diferenças encontradas no teste de razão de verossimilhança refletem que variabilidade genética entre os descritores utilizados para a palmeira juçara foi significativa. Esse resultado ressalta a importância em se trabalhar com descritores que possam apresentar menor efeito ambiental sobre o efeito genético da variabilidade encontrada entre os eles. Assim os dados deste estudo, mostram a existência da variabilidade genéticas dos descritores, o que confirmar que estes descritores podem ser utilizados para análise da divergência genética da palmeira juçara.

De acordo com Resende (2002a), o procedimento de análise dos desvios (DEVIANCE) que emprega o  $\chi^2$  estatística para determinar o significado do LRT, é cientificamente recomendado para a análise dos efeitos aleatórios de um modelo porque avalia o nível de variabilidade no estudo que possuam efeitos aleatórios. Dessa forma, resultados semelhantes foram obtidos por Texeira et al. (2009), em que para o açazeiro (*Euterpe oleracea*) os mesmo descritores estudados

apresentaram estimativas genéticas superiores às fenotípicas, indicando que o ambiente pouco influenciou o genótipo.

#### 4.3.2 Descritores fenotípicos dos frutos entre os genótipos (intrapopulacional)

A estimativas dos parâmetros genéticos e fenotípicos na Tabela 5, apresenta que a variância fenotípica permanente ( $\sigma_p^2$ ) existente entre plantas foi maior que a variância ambiental temporária ( $\sigma_e^2$ ) para todos os descritores utilizados no estudo. Tais estimativas demonstram uma alta variância fenotípica com uso dessas características. A análise DEVIANCE (Tabela 4) e as estimativas dos parâmetros genéticos e fenotípicos (Tabela 5), demonstraram que os usos destes descritores apresentam boas possibilidades de progresso genético e seleção dos genótipos superiores, além de demonstrar quais são os descritores mais indicados.

Tabela 5: Parâmetros genéticos e fenotípicos para diâmetro longitudinal do fruto (DLF) e da semente (DLS), diâmetro equatorial do fruto (DEF) e da semente (DES); e massa do fruto (MF) e da semente (MS) em genótipos da palmeira juçara (*Euterpe edulis*).

Variável	$1\sigma_p^2$	$2\sigma_e^2$	$3\sigma_f^2$	$4r^2$	$5Ac$	Média geral
DLF	2,13	0,34	2,47	$0,86 \pm 0,05$	1,00	11,83 mm
DEF	2,55	0,39	2,94	$0,87 \pm 0,05$	1,00	12,60 mm
MF	0,20	0,03	0,22	$0,87 \pm 0,05$	1,00	1,27 g
DLS	1,60	0,34	1,94	$0,82 \pm 0,05$	1,00	9,96 mm
DES	2,33	0,33	2,66	$0,88 \pm 0,05$	1,00	10,73 mm
MS	0,08	0,01	0,10	$0,88 \pm 0,05$	1,00	0,76 g

$1\sigma_p^2$  = variância fenotípica permanente entre plantas (genotípica + ambiental permanente);  $2\sigma_e^2$  = variância ambiental;  $3\sigma_f^2$  = variância fenotípica individual;  $4r^2 = h^2$  = repetibilidade individual e  $5Ac$  = acurácia da seleção baseada na média de m medidas repetidas. Média geral do experimento.

Com base nestas estimativas, verificamos que a variância do ambiente temporário ( $\sigma_e^2$ ) tem pouca expressão sobre os descritores elencados. Dentre os descritores utilizados, aqueles que apresentam menor efeito da variância ambiental ( $\sigma_e^2$ ) são: o diâmetro equatorial do fruto (DEF) e o diâmetro equatorial da semente (DES). Já o descritor com maior efeito da variância ambiental é massa do fruto (MF) (Tabela 5). Resultados semelhantes foram encontrados por Oliveira et al (2015) utilizando as mesmas características, mas com plantas diferentes e em localidades diferentes no Estado do Espírito Santo. A avaliação demonstra que o descritor MF é menos

indicados para estudos genéticos para a palmeira juçara. Marçal et al. (2016), corrobora com os dados e afirma que o descritor massa de fruto (MF) na palmeira juçara sofre influência de uma ou mais características não investigadas, tais como: taxa fotossintética, maturação dos frutos, luminosidade, assimilação de nitrogênio, entre outras características.

A repetibilidade individual ( $r^2$ ) é uma das mais importantes estimativas avaliadas, pois quantifica a fração da variação fenotípica de natureza herdável, a variabilidade passível de ser explorada na seleção (ROSADO et al., 2012). Nota-se que a repetibilidade individual ( $r^2$ ) variou entre 0,82 a 0,89 para todos descritores (Tabela 5), considerado por Sturion e Resende, (2005), como valores de alta magnitude. O desvio padrão observado na Tabela 5 para a repetibilidade individual ( $r^2$ ) de todos os descritores apresentou variação de 0,5%, valores considerados como baixos e desejáveis para o uso de predição de valores genéticos (RESENDE, 2002a). Valores maiores para o desvio padrão foram encontrados em Marçal et al. (2016), demonstrando confiabilidade dos dados utilizados.

Para as seis características utilizadas, os valores de acurácia ( $A_c$ ) foram maiores que 1 (Tabela 5) e, assim, indicam alta repetibilidade e acurácia dos resultados. Conforme classificação de Resende (2002a), em que os coeficientes de repetibilidade superiores a 0,6 são considerados elevados, os dados demonstram alta acurácia e repetibilidade. Segundo Ferreira et al. (2005), os resultados revelam que o método e o número de repetições utilizados foram eficazes para análise, o que indica confiabilidade dos dados e simultaneamente demonstra um bom nível de controle genético para esses descritores.

Dentre as médias gerais de todas as características avaliadas em 102 genótipos da palmeira juçara, deve-se dar atenção a massa do fruto (MF) com média de 1,29 gramas (Tabela 5). Valores mais próximos aos que foram encontrados na literatura feita por Lorenzi (2010) com massa de frutos de 1,00 grama e valores médios menores que encontrados por Oliveira (2014), com massa de frutos com média de 1,90 gramas.

### 4.3.3 Descritores fenotípicos dos genótipos por populações (interpopulacional).

Considerando os valores médios de cada população, os resultados referentes às estimativas dos parâmetros genéticos para 12 descritores relacionados aos frutos e aos cachos são apresentados na Tabela 6.

Tabela 6: Parâmetros genéticos e fenotípicos para número de cachos (NC), massa do cacho (MC), número de ráquias por cacho (NRC), diâmetro longitudinal do fruto (DLF) e da semente (DLS), diâmetro equatorial do fruto (DEF) e da semente (DES); e massa do fruto (MF) e da semente (MS), massa de cem frutos (MCF), massa de cem sementes (MCS), rendimento em polpa (Rp) em genótipos da palmeira juçara no Estado do Espírito Santo.

Descritor	$1\sigma_{pop}^2$	$2\sigma_e^2$	$3\sigma_f^2$	$4h_{pop}^4$	$5CV_{gpop}\%$	Média geral
NC	0,41	1,24	1,65	0,25 ± 0,14	26,89	2
MC	1,39	0,98	2,38	0,59 ± 0,21	55,22	2,14 Kg
NRC	164,73	394,30	559,03	0,29 ± 0,15	15,62	82
DLF	1,34	0,71	2,06	0,65 ± 0,23	9,93	11,83 mm
DEF	1,47	0,81	2,28	0,64 ± 0,22	9,84	12,60 mm
MF	0,12	0,06	0,18	0,65 ± 0,23	28,31	1,27 g
DLS	0,92	0,84	1,76	0,52 ± 0,20	9,73	9,96 mm
DES	1,32	0,70	2,02	0,65 ± 0,23	10,91	10,73 mm
MS	0,05	0,03	0,08	0,64 ± 0,22	30,32	0,76 g
MCF	1.047,98	655,92	1.703,91	0,62 ± 0,22	27,21	118,97 g
MCS	419,39	251,19	670,59	0,63 ± 0,22	29,21	70,11 g
Rp	25,80	40,96	66,76	0,39 ± 0,17	12,36	41,09 %

$1\sigma_g^2$  = variância genotípica;  $2\sigma_e^2$  = variância residual;  $3\sigma_f^2$  = variância fenotípica individual;  $4h_g = h$  = herdabilidade individual de parcelas no sentido amplo, ou seja, dos efeitos genotípicos totais;  $5CV_{gpop}\%$  = coeficiente de variação populacional;  $CV_e\%$  = coeficiente de variação residual e Média geral do experimento.

Os indivíduos avaliados apresentaram alta variabilidade genética ( $\sigma_g^2$ ) e fenotípica ( $\sigma_f^2$ ) para o massa do cacho (MC), massa de cem frutos (MCF) e massa de cem sementes (MCS), evidenciaram menor a influência da variância residual ( $\sigma_e^2$ ). Porém em NRC e Rp apresentaram baixa variabilidade genética, o que poderiam interferir negativamente numa análise da diversidade genética e/ou seleção de populações com base nestes descritores (Tabela 6).

A estimação da herdabilidade é relevante para a predição dos ganhos genéticos, pois demonstra o potencial esperado pelo programa de melhoramento genético (KAGEYAMA, 1980). Neste estudo, nota-se que os coeficientes de herdabilidade

dos efeitos genotípicos totais ( $h_g^2$ ) variaram entre 25 a 69% para os descritores avaliados (Tabela 4), sendo estes valores considerados baixos (5 a 10%) a alto (50 a 60%) segundo Resende (2002a). Segundo com Farias Neto e Resende (2001), a ampla variabilidade genética das populações utilizadas podem causar valores de baixo a alto nas estimativas de herdabilidade. Em açazeiro (*Euterpe oleracea*), Farias Neto et al. (2007) relatam herdabilidades variando de 12% a 44,63%. Os valores mais baixos de herdabilidade foram encontrados para os descritores NC, NRC e Rp. Esses resultados reforçam a necessidade de aumentar o número de indivíduos por população ( $n > 20$ ) e buscar descritores menos influenciados pelo ambiente e que tenham efeito direto ou indireto na produção de frutos para permitir progressos genéticos.

O coeficiente de variação genético ( $CV_g$ ) mensura a fração da variância total em virtude da variação genotípica entre plantas (ROCHA et al., 2012). Observa-se que valores de  $CV_{gpop}$  entre 9,73 a 55,22% (Tabela 6), indicando haver variabilidade genética na população estudada com probabilidade de seleção para ambos os descritores (ARANTES et al., 2013) e o descritor que apresentou maior variação genética entre as populações foi a massa do cacho (MC). Esses valores de coeficiente de variação populacional ( $CV_{gpop}$ ) são coerentes com aqueles obtidos por Farias Neto et al. (2013) em estudos com descritores relacionados a produção de frutos de açai (*Euterpe oleracea*). As variações genéticas encontradas neste estudo foram maiores que as variações encontradas por Oliveira (2014), indicando que o número amostral médio de 20 indivíduos por população apresenta maior  $CV_{pop}$  que o número amostral de 10.

Entre os doze descritores apresentados na Tabela 7, aqueles que evidenciaram menor herdabilidade foram: número de cacho (NC) e o número de ráquias por cacho (NRC), esses indicam baixa herdabilidade das características elencadas. E considerando os descritores que apresentam valores de herdabilidade acima de 50 % e de fácil mensuração ao pesquisador em campo, temos que a massa do cacho (MC) é uma característica de natureza herdável e que evidencia maior eficiência às pesquisas genética relacionada a palmeira juçara. Todos os outros descritores com herdabilidade acima de 50% representam características com alta herdabilidade e boas para o controle genético, porém o critério da eficiência avaliativa merece atenção dos pesquisadores para coleta de dados em campo.

Dentre as médias gerais dos descritores avaliados merecem atenção, principalmente, a massa de cem frutos (MCF) e o rendimento de polpa do fruto (Rp). A massa de cem frutos (MCF) apresentou médias com valores próximos a 187,48 gramas para MCF (Tabela 6). Valores superiores encontrados por Teixeira et al.(2012) em estudo com açazeiro (*Euterpe oleracea*), com os valores de MCF de 148,77 gramas e de 89 para NRC. O rendimento de polpa (Rp) apresentou média de 41,09% com a extração manual dos frutos. Outros resultados semelhante para Rp com os frutos do açazeiro com uso da despolpa manual dos frutos obtiveram-se rendimentos médio de polpa de 28,6% (VIEIRA et al., 2017), valores esses menores que os valores que encontramos em nosso estudo.

#### 4.4 CONCLUSÕES

A análise de Deviance demonstra a existência de variabilidade genéticas dos descritores, relevaram quais são os descritores mais apropriados para estudos da diversidade genérica da palmeira juçara. Entre os descritores mais indicados para estimar a diversidade genética entre os genótipos (intrapopulacional) foram: diâmetro longitudinal do fruto (DLF) e diâmetro equatorial da semente (DES). Esses descritores também poderão ser indicados para seleção de genitores promissores da palmeira juçara, pois apresentam bom controle genético com maior influência da variância genotípica sobre a ambiental. Na análise intrapopulacional, o número de repetições dos descritores igual a 25 mostrou elevada acurácia e repetibilidade.

Na análise interpopulacional, nota-se ampla variação genética entre os 12 descritores utilizados e que o descritor massa do cacho (MC) possui alto coeficiente de variação populacional, alta herdabilidade e fácil mensuração. Sendo esse também indicáveis para seleção de populações de palmeira juçara. Porém os resultados obtidos pelos descritores fenotípicos dos genótipos por populações (interpopulacional) sugerem que a estimativa de parâmetros genéticos deve utilizar maior número amostral.

#### REFERÊNCIAS

ARANTES, F. C.; SCALOPPI JUNIOR, E. J. S.; GONÇALVES, P. S.; MORAES, M. L. T. de; GONÇALVES, E. C. P.; RESENDE, M. D. V. de. Adaptability and stability in

rubber tree progenies under different environmental conditions. **Pesquisa florestal brasileira**, Colombo, v. 33, n. 73, p. 37-44, jan./mar. 2013.

BRASIL. **Instrução Normativa Nº 6. Lista Oficial das Espécies da Flora Brasileira Ameaçadas de Extinção**. Diário Oficial da União de 23 de setembro de 2008, (Seção 1) 185, p.75-83.

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

FARIAS NETO, J. T. D.; RESENDE, M. D. V. Aplicação da metodologia de modelos mistos (REML/BLUP) na estimação de componentes de variância e predição de valores genéticos em pupunheira (*Bactris gasipaes*). **Revista Brasileira de Fruticultura**, Jaboticabal, v. 23, n.4, p.320-324, 2001.

FARIAS NETO, J. T., RESENDE, M. D. V., OLIVEIRA, M. D. S. P., SANTOS, N. S. A., CANUTO, E. L., NOGUEIRA, O. L.; MULLER, A. A..Genetic evaluation of progenies of açaizeiro (*Euterpe oleracea*) and estimates of genetic parameters, **Cerne**, Lavras, v.13, n.4, p. 376-383, 2007.

FERREIRA, A.; BARBOSA, M. H. P.; CRUZ, C. D.; HOFFMANN, H. P.; VIEIRA, M. A. S.; BASSINELLO, A. I.; SILVA, M. F. Repetibilidade e número de colheitas para seleção de clones de cana-de-açúcar. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v. 40, n. 8, p. 761-767, 2005. <http://dx.doi.org/10.1590/S0100-204X2005000800005>

KAGEYAMA, P.Y. **Varição genética em progênies de uma população de *Eucalyptus grandis*** (Hill) Maiden.1980. 125f. Tese (Doutorado) – Escola Superior de Agronomia “Luiz de Queiroz”, Universidade de São Paulo. Piracicaba.

LORENZI, H. **Flora Brasileira: Arecaceae – Palmeiras**. São Paulo: Plantarum, 2010.

MARÇAL, T. de S.; FERREIRA, A.; OLIVEIRA, W. B. dos S.; GUILHEN, J. H. S.; FERREIRA, M. F. da S. Correlações genéticas e análise de trilha para caracteres de fruto da palmeira juçara. **Revista Brasileira de Fruticultura**, Jaboticabal, v. 37, n. 3, p. 692- 698, 2015.

MARÇAL, T. S.; GUILHEN, J.H.S.; OLIVEIRA, W.B.S.; FERREIRA, M. F. S.; RESENDE, M. D. V.; FERREIRA, A. Repeatability of biometric characteristics of juçara palm fruit. **Bioscience Journal**, Uberlândia, v. 32, p. 890-398, 2016.

OLIVEIRA, M. do S. P.; LEMOS, M. A.; SANTOS, V. F. dos.; SANTOS, E. O. dos. Coeficiente de caminhamento entre caracteres agrônômicos e a produção de frutos em açaizeiro (*Euterpe oleracea* Mart.). **Revista Brasileira de Fruticultura**, Jaboticabal, v. 22, n. 1, p. 06-10, 2000.

OLIVEIRA, V.R., RESENDE, M.D.V. NASCIMENTO, C.E.D., DRUMOND, M.A., SANTOS, C.A.F. Variabilidade genética de procedências e progênies de umbuzeiro via metodologia de modelos lineares mistos (REML/BLUP). **Revista Brasileira de Fruticultura**, Jaboticabal, v.26, n.1, p. 53-56, 2004.

- OLIVEIRA, W. B. S. Seleção e diversidade genética de *Euterpe edulis* Martius por caracteres morfológicos. **Dissertação de Mestrado em Produção Vegetal**, Centro de Ciências Agrárias da Universidade Federal do Espírito Santo, 101f, 2014.
- OLIVEIRA, W.B.S.; FERREIRA, A.; GUILHEN, J.H.S.; MARÇAL, T.S.; SILVA, M. F.; SENRA, J. F. DE B. Análise de trilha e diversidade genética de *Euterpe edulis* Martius para caracteres vegetativos e de frutos. **Scientia Forestalis**, Piracicaba, v. 43, p. 303-311, 2015.
- RESENDE, M. D. V. de. **Genética biométrica e estatística no melhoramento de plantas perenes**. Brasília: Embrapa Informação Tecnológica; Colombo: Embrapa Florestas, 2002a. 975p.
- RESENDE, M.D.V. SELEGEN-REML/BLUP - **Seleção genética computadorizada: manual do usuário**. Colombo: Embrapa – CNPF, p.67, 2002b.
- ROCHA, R. B.; RAMALHO, A. R.; TEIXEIRA, A. L.; LAVIOLA, B. G. ; SILVA, F. C. G. ; MILITÃO, J. S. L. T. .Eficiência da seleção para incremento do teor de óleo do pinhão-manso. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v.47, n.1, p.44-50, jan. 2012.
- RODRIGUES, H.S.;CRUZ, C.D.; DE MACÊDO, J.L. V.; RESENDE, M.D.V.; LOPES, R.; BORÉM, A. Genetic variability and progeny selection of peach palm via mixed models (REML / BLUP). **Acta Scientiarum. Agronomy**, Maringá, v. 39, n. 2, p. 165-173, 2017.
- RODRIGUES, R. R. Soil-mediated effects on potential *Euterpe edulis* (Arecaceae) fruit and palm heart sustainable management in the Brazilian Atlantic Forest. **Forest Ecology and Management**, Amsterdam, v. 284, p. 78–85, 2012.
- ROSADO, A. M., ROSADO, T. B., ALVES, A. A., LAVIOLA, B. G.; BHERING, L. L. Seleção simultânea de clones de eucalipto de acordo com produtividade, estabilidade e adaptabilidade. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v.47, n.7, p.964-971, jul. 2012.
- STURION, J. A.; RESENDE, M. D. V. Seleção de progênies de erva-mate (*Ilex paraguarensis* St. Hil.) para produtividade, estabilidade e adaptabilidade temporal de massa foliar. **Boletim de Pesquisa Florestal**, Colombo, n.50, p.37-51, 2005.
- TEIXEIRA, D. H. L., OLIVEIRA, M. S. P., GONÇALVES, F. M. A., & NUNES, J. A. R. Correlações genéticas e análise de trilha para componentes da produção de frutos de açazeiro. **Revista Brasileira de Fruticultura**, Jaboticabal, v. 34, p.1135-1142, 2012. DOI: <https://doi.org/10.1590/s0100-29452012000400022> .
- VIEIRA, D. de S.; CARMO, C. C. A. do; CIPRIANI, H. N.; SOUZA, V. F. de; VIEIRA, A. H. Rendimento de polpa em função do tamanho do fruto do açazeiro. In: ENCONTRO DE INICIAÇÃO À PESQUISA DA EMBRAPA RONDÔNIA, 8.; ENCONTRO DE PÓS-GRADUAÇÃO, 3., 2017, Porto Velho. Anais... Porto Velho: Embrapa Rondônia, 2017. p.37.



## CAPITULO 2

# VARIABILIDADE GENÉTICA E SELEÇÃO DE GENÓTIPOS DA PALMEIRA JUÇARA (*EUTERPE EDULIS*) PARA PRODUÇÃO DE FRUTOS PARA POLPA

### RESUMO

O objetivo deste estudo foi caracterizar a variabilidade genética e selecionar genótipos promissores da palmeira juçara (*Euterpe edulis*) para produção de polpa. Foram utilizados doze descritores fenotípicos em nove populações. Ao todo foram amostrados 102 genótipos, dos quais foram coletados 10.200 frutos maduros. Os dados fenotípicos foram analisados via modelos mistos pelo procedimento RELM/BLUP para predição dos valores genéticos. A análise de componentes principais (ACP) em biplot, o método de agrupamento UPGMA (*Unweighted Pair Group Method with Arithmetic Mean*) e o método Tocher, usaram os valores genéticos preditos. E a seleção de genótipos foi realizado pelo o índice Mulamba e Mock com uso em seis descritores relacionados aos frutos e às sementes. A análise da divergência genética evidenciou variabilidade genética entre genótipos e entre as populações. Os métodos aglomerativos foram concordantes e apresentaram a formação de três grupos distintos entre os genótipos e populações. As correlações genéticas e a análise de trilha apresentaram recomendação para se selecionar plantas com maior o rendimento de polpa Rp através da seleção de plantas com maior diâmetro longitudinal do fruto (DLF), menor o número de cachos por planta (NC) e maior massa do cacho (MC). O ordenamento de 20 genótipos com ganhos genéticos entre 21,76 a 56,65% permitiu selecionar os genótipos mais promissores para a produção de polpa da palmeira juçara. Os resultados identificaram os possíveis cruzamentos para iniciar um programa de melhoramento da espécie para a produção de polpa, tendo em vista a conservação e o mercado de exploração sustentável de plantas nativas da Mata Atlântica.

**Palavras-chave:** Palmeira juçara, melhoramento genético, variabilidade genética.

## 5.1 INTRODUÇÃO

Dentre as espécies do gênero de *Euterpe* (Arecaceae) para a produção de polpa destinada à alimentação humana, destaca-se a palmeira juçara (*Euterpe edulis* Martius), como fonte de nutrientes, rica em antioxidantes e com benefícios para saúde humana (FELZENSZWAL, et al., 2013) e muito apreciada pela gastronomia (SILVA et al., 2014). Porém, a população de palmeiras juçara vem sofrendo perdas com o processo da fragmentação das florestas, por ter sua regeneração natural drasticamente reduzida pela intensa exploração comercial do seu palmito (RODRIGUES et al., 2017).

Atualmente, a espécie está na lista das espécies ameaçadas de extinção no Brasil e a ação antrópica, através da fragmentação florestal, foi capaz de aumentar os níveis de diferenciação genética entre as populações, o que contribuiu para o baixo fluxo gênico entre elas (CONTE et al., 2008; WENDT et al., 2011). Apesar da espécie possuir mecanismos que favoreçam a fecundação cruzada, diferentes marcadores moleculares tem relatado a presença de cruzamentos entre indivíduos aparentados (REIS et al., 2000a; GAIOTTO et al., 2003; SEOANE; SEBBENN, 2004). Segundo Paludo, Silva e Reis (2012), o estímulo para o plantio de juçara, focando no manejo dos frutos, sem necessidade do corte da planta, contribuirá para manter a variabilidade genética natural e retirar a espécie da lista de extinção, tendo como norteador a experiência consolidada com o açazeiro (*Euterpe oleracea*).

Plantios iniciais da palmeira juçara para a comercialização dos frutos já existem no Sul e no Sudeste do Brasil, como nos Estados de Santa Catarina, Paraná, São Paulo e Espírito Santo, bem como no Sul da Bahia (TIBÉRIO et al., 2012). Entretanto, para a espécie ser utilizada comercialmente em maior escala, é preponderante selecionar e indicar materiais genéticos mais produtivos e adaptados à condição de cultivo (MARÇAL et al., 2015). Para isso, torna-se necessário usar métodos de estimativa que possam corresponder a certas condições experimentais e dados não balanceados (RODRIGUES et al., 2017). Estudos de melhoramento genético com espécies florestais têm utilizado o método REML / BLUP (método da máxima verossimilhança restrita e melhor predição linear não viesada), pois apresenta uma série de vantagens em relação às metodologias tradicionalmente utilizadas (RESENDE, 2002; OLIVEIRA et al., 2004).

Visto a necessidade da preservação da palmeira juçara (*Euterpe edulis*), associada ao potencial para uma exploração sustentável de seus frutos, a caracterização da variabilidade genética da espécie constitui-se uma ferramenta importante para definição de estratégias em programas de melhoramento genético da espécie. Outro passo decisivo é a identificação de características de interesse dos genótipos nas populações que não foram submetidas a qualquer processo de seleção genótipos que visam a produtividade dos frutos da palmeira juçara. Assim, estudo veio contribuir com informações sobre a variabilidade genética entre plantas nas populações naturais da palmeira juçara no Estado do Espírito Santo e selecionar genótipos promissores para iniciar um programa de melhoramento genético da palmeira juçara para produção de polpa dos frutos.

## 5.2 MATERIAL E MÉTODOS

Foram coletados dados fenotípicos de 102 genótipos da palmeira (*Euterpe edulis*) provenientes de três regiões diferentes do Estado do Espírito Santo. Na Região Norte foram selecionadas duas populações de fragmentos distintos da Reserva Biológica do Córrego do Veado (CV). Na Região Nordeste, foram selecionadas duas populações de fragmentos distintos da Reserva Natural da Vale (V). E na Região Centro-Serrana, foram selecionadas cinco populações: três populações na Estação Biológica de Santa Lúcia (SL) e duas populações de Reservas Legais em propriedades particulares diferentes localizadas no município de Domingo Martins (DM). Segue coordenadas geográficas no Apêndice A.

Para cada população foram selecionados de 8 a 22 indivíduos em frutificação (disponibilidade de frutos maduros) e adultos, segundo o critério de Bovi et. al. (1991). Foram determinadas as coordenadas geográficas (latitude e longitude) com auxílio do GPSMAP®78 (Garmin) de cada genótipo. O material botânico foi identificado com base em bibliografia especializada e as exsicatas incorporadas ao acervo do Herbário da Universidade Federal do Espírito Santo (Número de registro: VIES039095, VIES03945 - SL e VIES023290).

No campo foram avaliados os descritores relacionados a morfologia vegetativa de planta: número de cachos (NC), número de ráquias por cacho (NRC), massa do cacho (MC) em quilos através de balança gancho (Performace Plus - 12kg). Em

laboratório, com uso de paquímetro digital (MET-MPD-200 /Metrotools) e balança analítica (M/BEL Engineering®), foram avaliados descritores relacionados aos frutos com 25 repetições por genótipos: diâmetro longitudinal do fruto (DLF) em milímetros; diâmetro equatorial do fruto (DEF) em milímetros; diâmetro longitudinal da semente (DLS) em milímetros; diâmetro equatorial da semente (DES) em milímetros; massa individual do fruto (MF) em gramas; massa individual da semente (MS) em gramas. Com base nestes descritores foram estimados a divergência genética entre os genótipos (intrapopulacional).

Depois disso, foi pesada a massa, em gramas, de 100 frutos (MCF) de 102 genótipos seguidos de extração manual da polpa (mesocarpo) por faca comum de cozinha com ponta fina até a exposição completa da semente, totalizando a extração manual de 10.200 frutos coletados de palmeira juçara. Logo após, as 100 sementes foram lavadas, secas em temperatura ambiente e pesadas, determinando-se a massa em gramas de 100 sementes (MCS) e a massa individual da semente (MS). . A partir disso, os valores de MCF e MCS foram usados para o cálculo do valor do rendimento de polpa (Rp), em porcentagem, utilizando a equação:  $\{Rp (\%) = [(MCF - MCS) / MCF] \times 100\}$ .

Para a análise dos dados foi utilizada a metodologia REML/BLUP (máxima verossimilhança restrita / melhor predição linear não viesada) para a obtenção das médias corrigidas para ser utilizada na divergência genética foi utilizado modelos distintos do programa genético estatístico Selegen REML/BLUP (RESENDE, 2016). A análise da divergência genética entre os genótipos (intrapopulacional) foi utilizado o modelo 63 para seis descritores com 25 repetições por genótipos e para a análise da divergência genética entre as populações (interpopulacional) com uso do modelo 20 com 8 a 22 observações (genótipos) por parcela ou população.

Com uso dos efeitos genotípicos preditos obtidos a partir das informações fenotípicos de 102 genótipos da palmeira juçara, foram determinados os componentes principais com auxílio do programa R (Team, 2013). Os escores dos componentes principais foram utilizados para realizar a análise de redundância (RDA) com uso matriz de correlação genotípica entre os descritores para caracterizar a variabilidade genética e representar graficamente por Biplot (AITCHISON; GREENACRE, 2002).

Para os métodos de agrupamentos, o método UPGMA (*Unweighted Pair Group*

*Method with Arithmetic Mean*) e o método de otimização de Tocher, utilizaram como medida de dissimilaridade a Distância Euclidiana Média Padronizada (DEMP) para que as variáveis contribuíssem igualmente na avaliação de dissimilaridade genética entre os indivíduos. Ao analisar as medidas de dissimilaridade procura-se identificar genitores de elevado desempenho, com variabilidade genética entre divergentes morfológicamente, com constituição genética complementar para hibridação, heterose na descendência nas gerações segregantes e indivíduos transgressivos (CRUZ; FERREIRA; PESSONI, 2011).

Para isso foi utilizado os valores preditos padronizados pela metodologia REML/BLUP de 102 genótipos através de seis para análise intrapopulacional (entre os genótipos) e para análise interpopulacional. O método de otimização de Tocher foi realizado através do programa GENES (CRUZ, 2013) e foram apresentados apenas dados genotípicos das nove populações (interpopulacional). Foi verificado o teste de multicolinearidade e as correlações genéticas entre os descritores foi utilizada para análise de trilha por meio da análise de regressão em crista, ou a análise de trilha sob multicolinearidade com auxílio do programa GENES (CRUZ, 2013), como proposto por Carvalho (1994). A análise de trilha foi realizada com os doze descritores disponível (variáveis), sendo o rendimento de polpa a variável básica (dependente principal). Para a seleção dos genótipos mais promissores utilizou-se o índice Mulamba e Mock (1978) indicado por Resende, Silva e Azevedo (2014) que possibilitou o ordenamento do ranque médio das médias BLUP dos seis descritores relacionado à morfologia dos frutos e das sementes (DLF, DEF, MF, DLS, DES e MS).

### 5.3 RESULTADOS E DISCUSSÃO

O uso de doze descritores fenotípicos relacionados a morfologia das plantas e dos frutos analisados permitiram identificar as dissimilaridades genéticas entre os genótipos (Figura 6A) e entre as populações da palmeira juçara (Figura 6B). Assim o estudo da divergência genética baseadas nas médias BLUPs pode ser realizado entre e dentro as populações da palmeira juçara, bem como analisar as correlações genéticas entre os descritores utilizados e para verificar as relações e inter-relações entre as características e a variabilidade genética entre os genótipos e as

populações.

Em ambos os casos, o acúmulo da variação total entre os dois componentes principais utilizados em análise (Figura 6A e 6B) foi acima de 70%, o que é descrito por Cruz et al (2012) como adequado para o estudo da variabilidade genética entre componentes principais. Quando analisada a variabilidade entre as nove populações (Figura 8A), verificou-se que o descritor massa de sementes (MS) foi o de maior contribuição para a variação total da variabilidade (76,40%) e evidencia alta dissimilaridade entre as nove populações. Quando analisada a variabilidade genética entre os 102 genótipos diferentes o descritor que mais contribuiu para a variação total entre os genótipos foi o DLF (91,65%) seguido do descritor MS com 4,38% para representação em plano bidimensional (Figura 6B).

Foram verificadas as correlações genotípicas entre as médias dos descritores utilizados de cada população e em cada genótipo por meio das setas na Figura 6A e Figura 6B. Na Figura 6A, os descritores NC e Rp mostraram correlação negativa entre si, enquanto todos outros descritores apresentaram correlações genéticas positivas. Os dados para seis descritores relacionados à morfologia dos frutos também apresentaram correlações positivas (Figura 6A e 6B), sendo as correlações de menor magnitude aquelas entre o diâmetro longitudinal do fruto (DLF) e o diâmetro longitudinal de semente (DES), ou seja, quanto maior os valores médios de DLF menor são os valores médios de DES.

Os valores médios entre os descritores utilizados para a forma e massa dos frutos e das sementes foram DLF:13,09; DEF:14,20; MF:1,73; DLS:11,30; DES:12,37 e MS:1,09. Tais valores médios foram menores aos encontrados por Oliveira et al. (2015) para a massa do fruto (MF) com média de 1,89 gramas e semelhante aos encontrados por Lorenzi et al (2010) com média de massa de fruto (MF) de um grama para palmeira juçara. Ao analisar o rendimento de polpa (Rp) e diâmetro longitudinal do fruto (DLF) em conjunto, as populações com as maiores médias para estes dois descritores de interesse para produção de polpa, foram: F1SL, F1DM e F2DM (Figura 6A).

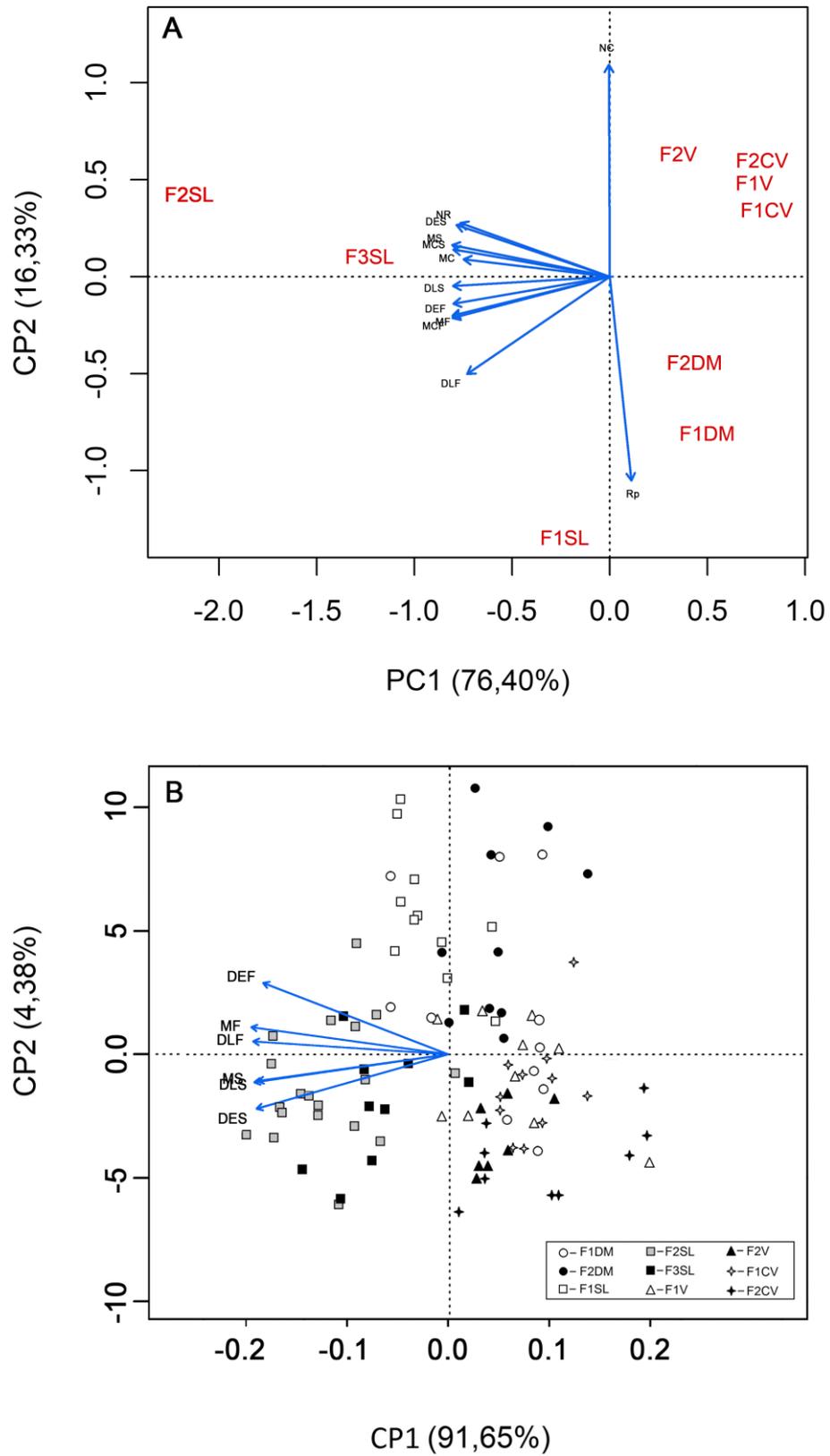


Figura 6: Dispersão gráfica dos escores dos dois primeiros componentes principais para nove populações (A) e para os 102 genótipos (B) da palmeira juçara (*Euterpe edulis*).

Na análise das dissimilaridades genéticas, as populações F1DM, F2DM e F1SL apresentaram-se isoladas das demais (com maior distância genética), apresentando maiores médias para o diâmetro longitudinal do fruto (DLF) e para o rendimento de polpa (Rp), evidenciando características genótípicas singulares dessas populações. Oliveira et al. (2015), também apresentaram agrupamento entre cinco populações de palmeira juçara com o descritor massa do fruto, indicando alta diversidade genética interpopulacional entre as 15 populações estudadas.

Quando analisamos a Figura 8B, observamos dissimilaridades genéticas de dentro de populações F1DM, F2DM e F1SL, confirmando que estas características não são únicas de suas populações, mas sim de cada genótipo. A menor dissimilaridade genética intrapopulacional foi encontrada nas populações F2SL, F3SL e F1CV, F2CV, F1V e F2V, pois apresentam menor dispersão de genótipos por população, refletindo em menor divergência genética intrapopulacional (Figura 6A e 6B). Para as populações F2SL e F3SL houve forte distanciamento em relação às demais; principalmente para a população F2SL, a mais distinta e com maior variabilidade interpopulacional. Os genótipos destas populações apresentaram maior diâmetro equatorial das sementes (DES), maior diâmetro longitudinal da semente (DLS) e maior massa da semente (MS). Por apresentarem maior tamanho e massa de semente em relação ao tamanho do fruto (Figura 6B) e menor rendimento de polpa como mostra a Figura 8A, podem não serem indicados para seleção de polpa, que não contempla o objetivo desta pesquisa.

Na matrix das distâncias genéticas, foi obtida correlação cofenética alta e significativa ( $r = 0,88$ ;  $p \leq 0,0001$ ), valores de coeficiente de correlação cofenética acima de 0,8 indicam boa representatividade entre as distâncias (Bussad et al., 1990). Além disso, demonstra concordância entre a matriz de dissimilaridade e a representação gráfica dos dendrogramas gerados pelo método UPGMA para os genótipos e para as populações, respectivamente. Em ambos dendrogramas, as distâncias genéticas formaram três grupos divergentes e demais subgrupos com distâncias semelhantes entre si (Figura 7).



O grupo 1 na figura 7A, foi formado por genótipos de F2SL e F3SL e possuem notória peculiaridade na literatura por representar genótipos classificados como uma nova espécie para o gênero *Euterpe*, por Fernandes (1989) e Wendt et al. (2011), conhecida como palmito vermelho (*Euterpe espirosantensis*). No entanto, até os dias de hoje, *Euterpe espirosantensis* é classificada como sinonímia por Henderson e Galeano (1996), mesmo que em publicações posteriores e para a população local vêm sendo classificadas como espécies diferentes (MARTINS; NAKAGAWA; BOVI, 1999; MARTINS; BOVI; NAKAGAWA, 2007; MARTINS et al., 2007). Vale ressaltar, que este grupo encontra-se isolado das demais, e ainda foi subdividido entre F2SL e F3SL (Figura 7A e Tabela 7), o que reafirma a possível de formação de híbridos interespecíficos entre *E. espirosantensis* e *E. edulis*, como também relato por Wendt et al. (2011). Devido ao isolamento dessas populações e ainda foi subdividido entre F2SL e F3SL (Figura 7A), observa-se forte evidência sobre início de uma possível especiação simpátrica nesta unidade de conservação (Estação Biológica de Santa Lúcia - SL). Os resultados obtidos não foram conclusivos para a distinção de uma nova espécie e reforçam a urgente necessidade de uma revisão taxonômica, citogenética e filogenética para o gênero.

O grupo 2, foi constituído por indivíduos das populações F1SL na Figura 7A. Na Figura 7B, o grupo 2 foi formado por indivíduos de diferentes populações CV e V, populações localizadas em unidade de conservação diferentes, com distância geográfica maior que 100 km e alta dissimilaridade genética intrapopulacional. O terceiro grupo foi o mais diverso constituído majoritariamente por genótipos de seis populações diferentes: F1DM, F2DM, F1CV, F2CV, F1V, e F2V (Figura 7A, Figura 7B e Tabela 7). Neste grupo, observa-se que maior contribuição para a dissimilaridade genética foi atribuída aos genótipos e não as populações. Pois entre essas populações distintas geograficamente, não foi observado agrupamento de seus genótipos por populações. Estudos da variabilidade e diversidade genética da palmeira juçara com uso de diferentes marcadores moleculares e em populações naturais corroboram com os resultados e mostram que há alta variabilidade genética entre os genótipos e moderada ou baixa diversidade as populações (REIS; et al., 2000b; GAIOTTO et al., 2003; SEOANE; SEBBENN, 2004; CONTE et al., 2008; KONZEN; MARTINS, 2017).

Tanto o método UPGMA pelo dendrograma na Figura 7, quanto o método de agrupamento Tocher (Tabela 7), apresentam a formação de 3 grupos entre as nove populações amostradas, sendo o grupo mais isolado composto por genótipos das populações F2SL, F3SL e F1SL (Figura 7 e Tabela 7). Os métodos de agrupamentos foram concordantes, informativos e caracterizaram a variabilidade genética entre e dentro das populações estudadas.

Tabela 7: Grupos de similaridade genética entre populações de palmeira juçara, com a utilização de doze descritores, gerados pelo método de otimização de Tocher com base na distância euclidiana média ponderada.

Grupo	Populações
1	F1SL
2	F2SL F3SL
3	F1V F1CV F2CV F2V F2DM F1DM

O estudo das correlações genéticas possibilitou estabelecer a relação entre os descritores de interesse para a produção de polpa, com valores positivos entre todos descritores utilizados, exceto para o rendimento de polpa (Rp) e número de Cacho (NC) (Tabela 8), conforme pode ser visualizado na Figura 6A. As correlações genéticas negativas entre os descritores relacionados a morfologia vegetativa e a morfologia de frutos e semente neste estudo são concordantes com a abordagem dada por Oliveira et al (2000). Oliveira et al (2000), trabalhando com açazeiro (*E. oleracea*) em relação aos perfilhos e planta mãe, indicaram haver competição por fotoassimilados, pois quanto maior é o investimento da planta para a produção vegetativa menor é a produção dos frutos na planta mãe. Cinco anos mais tarde, Oliveira et (2015) observaram resultados semelhantes na palmeira juçara, pois o Número de cachos (NC) apresentou correlação negativa com a massa de cem frutos (MCF).

Neste estudo, exceto para o número de cacho (NC) e o rendimento de polpa (Rp), todos os descritores apresentaram valores acima de 0,70 (Tabela 8), indicando serem intimamente relacionados e que qualquer alteração em um dos dez descritores poderá proporcionar alterações no outro. Valores acima de 0,70 foram encontrados por Oliveira et al (2015) para os descritores NC, NR, MCF e MCS em plantas de palmeira juçara, valores semelhantes também foram obtidos por Oliveira et al. (2000) para o açazeiro. Valores esses, positivos e de alta magnitude segundo

Rezende (2002).

Tabela 8: Correlações genótípicas para número de cachos (NC), massa do cacho (MC), número de ráquias por cacho (NRC), diâmetro longitudinal do fruto (DLF) e da semente (DLS), diâmetro equatorial do fruto (DEF) e da semente (DES); e massa do fruto (MF) e da semente (MS), massa de cem frutos (MCF), massa de cem sementes (MCS), rendimento em polpa (Rp) em plantas de palmeira juçara no estado do Espírito Santo.

Correlações	NC	MC	NRC	DLF	DEF	MF	DLS	DES	MS	MCF	MCS	RP
NC	1,00	0,18	0,21	-0,41	-0,03	-0,13	-0,09	0,19	0,09	-0,13	0,07	-0,60
MC		1,00	0,89	0,76	0,91	0,88	0,82	0,83	0,88	0,88	0,86	-0,06
NRC			1,00	0,71	0,86	0,85	0,92	0,95	0,93	0,85	0,91	-0,29
DLF				1,00	0,89	0,95	0,89	0,75	0,83	0,94	0,84	0,18
DEF					1,00	0,99	0,93	0,90	0,93	0,99	0,94	0,03
MF						1,00	0,95	0,89	0,94	1,00	0,95	0,01
DLS							1,00	0,96	0,95	0,95	0,96	-0,14
DES								1,00	0,96	0,90	0,96	-0,32
MS									1,00	0,94	1,00	-0,30
MCF										1,00	0,94	0,04
MCS											1,00	-0,29
RP												1,00

A análise de trilha utilizando o rendimento de polpa (Rp) como variável básica (Tabela 9), foi encontrado coeficiente de regressão em crista de 0,082. Verifica-se valores diretamente proporcionais para os descritores relacionados ao tamanho e massa dos frutos (DLF, DEF, MF e MCF) e valores inversamente proporcionais nos descritores relacionados as sementes (DLS, DES, MS e MCS). Resultados semelhantes e de alta magnitude, foram encontrados, com os mesmos descritores, por Teixeira et al (2009) com açazeiro (*E. oleracea*), o que corrobora com a popular frase dita entre os produtores de polpa de açaí: “frutos grandes rendem menos suco”, pois como tamanho da semente predomina sobre o tamanho total do fruto (cerca de 60 a 80%), quanto maior o tamanho e massa da semente (DLS, DES, MS e MCS) menor que o rendimento de polpa (Rp).

Os descritores fenotípicos que apresentaram forte efeito direto com o rendimento de polpa (Rp), principal característica de interesse ao mercado consumidor, foram massa de sementes (MS), menor massa de cem sementes (MCS) e diâmetro equatorial do fruto (DEF). Para identificar os genótipos com maior efeito direto são aqueles com menor MS e MCS e aqueles genótipos com maior DEF. A aplicação da

análise de trilha foi importante para identificar quais são as características morfoagronômicas da palmeira juçara positivamente correlacionadas com a característica primordial e discriminar os efeitos indiretos de outras variáveis sobre a variável principal (Rendimento de polpa), aumentando a eficiência da seleção.

Tabela 9: Estimativa dos efeitos diretos (ED) sobre o rendimento de polpa e os efeitos indiretos (EI) de doze descritores em de nove populações sobre o rendimento de polpa de frutos d palmeira juçara (*Euterpe edulis*).

Análise de Trilha	NC	MC	NRC	DLF	DEF	MF	DLS	DES	MS	MCF	MCS
ED sobre RP	-0,34	0,32	-0,08	0,09	0,60	0,18	-0,04	-0,18	-0,71	0,38	-0,68
EI via NC	-----	-0,06	-0,07	0,14	0,01	0,05	0,03	-0,07	-0,03	0,04	-0,02
EI via MC	0,06	-----	0,28	0,24	0,29	0,28	0,26	0,26	0,28	0,28	0,27
EI via NRC	-0,02	-0,07	-----	-0,06	-0,07	-0,07	-0,07	-0,07	-0,07	-0,07	-0,07
EI via DLF	-0,04	0,07	0,07	-----	0,08	0,09	0,08	0,07	0,08	0,09	0,08
EI via DEF	-0,02	0,55	0,52	0,54	-----	0,59	0,56	0,54	0,56	0,60	0,56
EI via MF	-0,02	0,16	0,16	0,17	0,18	-----	0,17	0,16	0,17	0,18	0,17
EI via DLS	0,00	-0,03	-0,03	-0,03	-0,03	-0,04	-----	-0,04	-0,04	-0,04	-0,04
EI via DES	-0,03	-0,15	-0,17	-0,13	-0,16	-0,16	-0,17	-----	-0,17	-0,16	-0,17
EI via MS	-0,06	-0,62	-0,66	-0,59	-0,66	-0,67	-0,67	-0,68	-----	-0,66	-0,71
EI via MCF	-0,05	0,33	0,32	0,36	0,37	0,38	0,36	0,34	0,35	-----	0,36
EI via MCS	-0,05	-0,58	-0,62	-0,56	-0,63	-0,64	-0,65	-0,65	-0,67	-0,64	-----

O número de ráquias por cacho (NCR) demonstram resultados que corroboram aos de Teixeira et al. (2012) ao estudarem a produtividade dos frutos em açazeiro (*E. oleracea*), visto que os resultados indicam efeito direto e indireto negativo entre NRC e Rp (Tabela 9) e por ser uma variável de difícil mensuração, não é recomendada para estudos de seleção de genitores para a produção de polpa dos frutos. Vale ressaltar a necessidade de estudos sobre o número de frutos por cacho e a correlação com a produtividade de polpa dos frutos da palmeira juçara, pois nem sempre o maior número de ráquias no cacho, maior será a produtividade total da polpa do fruto. Segundo Nesbitt & Tanksley (2001), devido ao efeito pleiotrópico de alguns genes associados à produção de frutos e pela competição entre os fotoassimilados, relação de fonte e dreno, maior produção no número de frutos por planta pode não ser suficiente para aumentar o rendimento total de polpa.

Por isso, recomenda-se prioridade para o descritor massa do cacho (MS) em

relação ao número de ráquias do cacho (NRC). A massa do cacho (MC) demonstra efeito direto maior que a o número de ráquias (NRC) para o rendimento de polpa (Rp) e moderado efeito indireto para o descritor DLF, característica de alta contribuição genética para o rendimento de polpa (Rp) (Tabela 9). Esta observação facilita na busca de descritores que favoreçam ao êxito da seleção em programa de melhoramento genética para a produção de polpa por uma característica de fácil mensuração, o que a torna este descritor mais indicado que o NRC em uma seleção.

Com o uso do índice de seleção Mulamba e Mock, obtido através dos descritores relacionados a morfologia dos frutos e das sementes (DLF, DEF, MF, DLS, DES e MS) foi possível classificar os melhores genótipos com uso dos maiores valores médios para DLF, DEF e MF e os menores valores médios de DLS, DES e MS entre os 102 genótipos da palmeira juçara (Tabela 10).

Tabela 10: Localização geográfica e classificação pelos ganhos genéticos com a seleção pelo índice de Mulamba e Mock dos 20 melhores genótipos da palmeira juçara, de nove fragmentos florestais no Espírito Santo, para o diâmetro longitudinal do fruto (DLF) e da semente (DLS); diâmetro equatorial do fruto (DEF) e da semente (DES); massa individual do fruto (MF), da semente (MS) e rendimento médio (Rp).

Ordem	Genótipos	Rank-Medio	Ganho	Ganho %	Latitude	Longitude	Altitude (m)
1°	G7F2DM	33,83	33,83	56,65	S20°20'45.3"	W040°40'39.0"	709
2°	G4F1DM	36,00	34,92	51,79	S20°20'02.7"	W040°41'27.0"	725
3°	G3F1DM	39,83	36,56	44,98	S20°19'51.4"	W040°41'31.8"	706
4°	G10F1SL	40,33	37,50	41,33	S19°58'10.8"	W040°32'14.5"	721
5°	G3F2DM	40,83	38,17	38,86	S20°20'40.0"	W040°40'38.3"	739
6°	G4F2DM	43,33	39,03	35,80	S20°20'39.5"	W040°40'37.1"	739
7°	G2F1SL	43,33	39,64	33,69	S19°58'07.5"	W040°32'14.5"	721
8°	G9F1SL	43,83	40,17	31,95	S19°58'10.8"	W040°32'14.4"	743
9°	G2F1DM	44,17	40,61	30,51	S20°19'57.9"	W040°41'30.8"	676
10°	G5F1SL	44,17	40,97	29,37	S19°58'13.6"	W040°32'13.6"	747
11°	G6F1SL	45,00	41,33	28,23	S19°58'09.8"	W040°32'15.7"	728
12°	G4F1SL	45,17	41,65	27,24	S19°58'13.7"	W040°32'13.9"	749
13°	G1F1SL	45,83	41,97	26,27	S19°58'07.5"	W040°32'14.9"	720
14°	G4F1V	46,00	42,26	25,41	S19°09'31.4"	W040°03'37.9"	65
15°	G3F1SL	46,17	42,52	24,64	S19°09'44.5"	W040°03'37.8"	71
16°	G2F2SL	46,33	42,76	23,95	S19°58'00.9"	W040°32'12.2"	671
17°	G8F2DM	46,50	42,98	23,31	S20°20'45.1"	W040°40'38.6"	713
18°	G9F2DM	46,50	43,18	22,75	S20°20'46.4"	W040°40'39.6"	715
19°	G3F1V	46,50	43,35	22,26	S19°09'44.5"	W040°03'37.8"	71
20°	G1F1V	46,67	43,52	21,79	S19°09'32.6"	W040°03'37.2"	72

Ganhos de seleção elevados foram obtidos, utilizando o índice Mulamba e Mock na ordem de até 56,65%, caracterizando condição favorável para a seleção de genótipos *per se* (Tabela 10). Além disso, os resultados da Tabela 10 indicam condição ideal para identificar os genótipos com maior performance ou mais promissores para serem utilizados em programas de melhoramento genético para a produção de polpa dos frutos. Entre os vinte melhores, os genótipos G7F2DM e G4F1DM apresentaram ganhos genéticos superiores, com ganho maior que 50%.

Na análise conjunta dos genótipos estudados, considerando uma seleção de genótipos eficiente e simultânea, verifica-se que os mais promissores para produção de polpa foram àqueles situados em Domingo Martins, localizados acima de 700 metros de altitude. As informações geradas neste estudo, sobre a caracterização da diversidade genética desses genótipos por meio de características fenotípicas, podemos perceber que entre os genótipos com bom desempenho para produção de polpa, são também, aqueles que apresentam variabilidade genética dentro de sua população com dissimilaridade entre indivíduos da mesma população.

Considerando a alta variabilidade genética entre algumas populações, o interesse econômico em maximizar o êxito de diferentes estratégias de seleção, através da redução considerável do número de cruzamentos a serem executados e as progênes a serem avaliadas em programas de melhoramento genético no futuro, faz-se necessário definir: através de um conjunto de informações subsidiadas pela variabilidade genética que foram apresentadas, os cruzamentos mais promissores nas próximas gerações.

Desta forma, destacam-se alguns cruzamentos potenciais para serem realizados com os genótipos mais promissores G7F2DM e G4F1DM, são eles: cruzamentos com G10F1SL, G2F1SL, G9F1SL, G4F1V, G3F1V, G1F1V que obtiveram ordenamento superior e de serem divergentes geneticamente. Adicionalmente, os indivíduos G4F1V, G3F1V, G1F1V possuem importante capacidade de produzir perfilhos, que é uma característica rara em genótipos da palmeira juçara segundo Portela et al (2009).

#### 5.4 CONCLUSÕES

O uso de doze descritores mostrou-se eficiente para caracterizar a existência de

variabilidade genética entre os 102 genótipos da palmeira juçara (*Euterpe edulis*) e entre nove populações. Em geral, observou-se que a maior contribuição para a variabilidade genética foi atribuída aos genótipos e não as populações, exceto para as populações F2SL e F3SL.

O estudo da variabilidade genética, utilizando a metodologia de componentes principais e os métodos de agrupamento UPGMA e Tocher, possibilitou identificar a presença de três grupos distintos nas populações naturais da palmeira juçara deste estudo, sendo que os genótipos de *Euterpe espiritosantensis*, considerados como sinonímia de *Euterpe edulis*, foram os mais distintos geneticamente.

Na identificação de genótipos da palmeira juçara com alto rendimento de polpa, deve-se selecionar plantas com menor massa de sementes (MS), menor massa de cem sementes (MCS) e maior diâmetro equatorial do fruto (DEF). Estes descritores possuem forte efeito direto com o rendimento de polpa, principal característica de interesse ao mercado consumidor.

Os genótipos mais promissores que caracterizam condição favorável para iniciar um programa de pré-melhoramento genético com foco na seleção em indivíduos superiores para o rendimento de Polpa (Rp), são eles: G7F2DM e G4F1DM. Este estudo demonstra que os genótipos G10F1SL, G2F1SL, G9F1SL, G4F1V, G3F1V e G1F1V são os divergentes geneticamente de G7F2DM e G4F1DM, com alto Rp e que poderiam ser utilizados para futuros cruzamentos em programas de melhoramento genético da palmeira juçara para a produção de polpa no Brasil.

## REFERÊNCIAS

AITCHISON, J.; GREENACRE. M. Biplot of compositional data. **Journal of the Royal Statistical Society: Series C (Applied Statistics)**, Cambridge, v. 51, ed.4, p. 375-392, 2002. DOI: 10.1111/1467-9876.00275.

BOVI, M.L.A, GODOY JUNIOR, G.; SPIERING, S.H.; CAMARGO, S.B.de. Correlações fenotípicas entre caracteres avaliados nos estádios juvenil e adulto de açazeiros. **Bragantia**, Campinas, v.49, n.2, p.321-334, 1992. DOI: <https://doi.org/10.1590/s0006-87051990000200012>.

CARVALHO, S.P. de. Métodos alternativos de estimação de coeficientes de trilha e índices de seleção, sob multicolinearidade. **Tese (Doutorado)** – Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, 163f, 1994.

CONTE, R.; REIS, M. S.; MANTOVANI, A.; VENCOSKY, R. Genetic Structure and Mating System of *Euterpe edulis* Mart. Populations: A Comparative Analysis Using

- Microsatellite and Allozyme Markers. **Journal of Heredity**, Oxford, v. 5, p. 476–482, 2008.
- CRUZ, C.D. Genes: a software package for analysis in experimental statistics and quantitative genetics. **Acta Scientiarum. Agronomy**, Maringá –PR, v. 35, n. 3, p. 271-276, 2013. DOI: <https://doi.org/10.4025/actasciagron.v35i3.21251>.
- CRUZ, C.D.; FERREIRA, F.M.; PESSONI, L.A. **Biometria aplicada ao estudo da diversidade genética**. Visconde do Rio Branco: Suprema, 2011, 620 p.
- CRUZ, C.D.; REGAZZI, A.J.; CARNEIRO, P.C.S. **Modelos biométricos aplicados ao melhoramento genético**. 4. ed. Viçosa-MG: UFV, 2012. 514p.
- FELZENSZVAL, L.; DA COSTA MARQUES, M.R.; MAZZEI, J.L.; AIUB, C.A. Toxicological evaluation of *Euterpe edulis*: A potential superfruit to be considered. **Food and Chemical Toxicology**, Oxford, v. 58, p. 536–544, 2013 DOI: 10.1016/j.fct.2013.05.029.
- FERNANDES, H.Q.B.. Uma Nova Espécie de *Euterpe* (Palmae - Arecoideae - Areceae) do Brasil. **Acta Botanica Brasílica**, Belo Horizonte, v. 3, n.2, p. 43-49, 1989.
- GAIOTTO, F.A.; GRATTAPAGLIA, D.; VENCOSKY, R. Genetic structure, mating system, and long-distance gene flow in heart of palm (*Euterpe edulis* Mart.). **Journal of Heredity**, Oxford, v. 5, p.399–406, 2003.
- MARÇAL, T. de S.; FERREIRA, A.; OLIVEIRA, W.B. dos S.; GUILHEN, J.H.S.; FERREIRA, M. F. DA S. Correlações genéticas e análise de trilha para caracteres de fruto da palmeira juçara. **Revista Brasileira de Fruticultura**, Jaboticabal, v. 37, n. 3, p. 692- 698, 2015.
- MULAMBA, N.N.; MOCK, J.J. Improvement of yield potential of the Eto Blanco maize (*Zea mays* L.) population by breeding for plant traits. **Egyptian Journal of Genetics and Cytology**, v. 01, n. 7, p. 40-51, 1978.
- NESBITT, T.C.; TANKSLEY, S.D. *fw2.2* Directly Affects the Size of Developing Tomato Fruit, with Secondary Effects on Fruit Number and Photosynthate Distribution1. **Plant Physiology**, London, v.127, n. 2, p. 575-583, 2001. DOI: <https://doi.org/10.1104/pp.010087>.
- OLIVEIRA, M.S.P. de; LEMOS, M. A.; SANTOS, E. O. dos; SANTOS, V. F. dos. Correlações fenotípicas entre caracteres vegetativos e de produção de frutos em açaizeiro. **Revista Brasileira de Fruticultura**, Jaboticabal, v. 22, n. 1, p. 1-5, 2000.
- OLIVEIRA, V.R., RESENDE, M.D.V. NASCIMENTO, C.E.D., DRUMOND, M.A., SANTOS, C.A.F. Variabilidade genética de procedências e progênies de umbuzeiro via metodologia de modelos lineares mistos (REML/BLUP). **Revista Brasileira de Fruticultura**, Jaboticabal - SP, V.26, n.1, p. 53-56, 2004.
- OLIVEIRA, W.B.S.; FERREIRA, A.; GUILHEN, J.H.S.; MARÇAL, T.S.; SILVA, M.F.; SENRA, J. F. de B. Análise de trilha e diversidade genética de *Euterpe edulis* Martius para caracteres vegetativos e de frutos. **Scientia Forestalis**, Piracicaba, v. 43, p. 303-311, 2015.
- PALUDO, G. F.; SILVA, J. Z. ; REIS, M. S. . Estimativas de Produção de Frutos de Palmiteiro (*Euterpe edulis* Mart.) a partir da Densidade de Indivíduos.

**Biodiversidade Brasileira**, Brasília, v. 2, p. 92-102, 2012.

PORTELA, R.C.Q.; PIRES, A.S.; SANTOS, F.A.M. Unusual branching in the palm *Euterpe edulis* Mart. **Hoehnea**, São Paulo, v.36, ed. 3, p. 501-506, 2009. DOI: <http://dx.doi.org/10.1590/S2236-89062009000300011>

REIS, M. S.; VENCOVSKY, R.; KAGEYAMA, P. Y.; GUIMARÃES, E.; FANTINI, A. C.; NODARI, R. O.; MANTOVANI, A. Variação genética em populações naturais de palmitheiro (*Euterpe edulis* Martius – Arecaceae) na Floresta Ombrófila Densa. **Sellowia**, Itajaí, v. 49-52, p.131-149, 2000b.

REIS, M.S.; FANTINI, A.C.; NODARI, R.O., REIS, A., PEDRO, M.G.; MANTOVANI, A. Management and Conservation of Natural Populations in Atlantic Rain Forest: The Case Study of Palm Heart (*Euterpe edulis* Martius). **Biotropica**, Florida, v. 32, n. 4, p. 894-902, 2000a.

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

RESENDE, M.D.V. Software Selegen-REML/BLUP: a useful tool for plant breeding. **Crop Breeding and Applied Biotechnology**, Viçosa, v.16, n.4, p. 330-339, 2016. DOI: <https://doi.org/10.1590/1984-70332016v16n4a49>.

RESENDE, M.D.V., SILVA, F.F.; AZEVEDO, C.F. **Estatística matemática, biométrica e computacional**. Viçosa, MG: UFV. 2014, Xxpx.

RODRIGUES, H.S., CRUZ, C.D., MACÊDO, J.L.V., RESENDE, M. D. V., LOPES, R.; BORÉM, A. Genetic variability and progeny selection of peach palm via mixed models (REML/BLUP). **Acta Scientiarum. Agronomy**, Maringá, v.39, ed.2, p.165-173, 2017. Doi: 10.4025/actasciagron.v39i2.32495.

SEOANE, C. E. S.; SEBBENN, A. M. Herança genética e desequilíbrio de ligação em *loci* de isoenzimas de *Esenbeckia leiocarpa*. **Revista do Instituto Florestal**, São Paulo, v. 16, n.1, p. 57-63, 2004.

SILVA, P. P. M., CASEMIRO, R.C.Z., REBESSI, R., de CAMARGO, A.C., PROSPERO, E. T. P.; SPOTO, M. H. F. Sensory descriptive quantitative analysis of unpasteurized and pasteurized juçara pulp (*Euterpe edulis*) during long-term storage. **Food Science & Nutrition**, Massachusetts, v.2, p. n/a-n/a, 2014.

TEAM, R. D. C. **A language and environment for statistical computing**. R Foundation for Statistical Computing, Vienna, Austria, 2013. Disponível em: <<http://www.R-project.org/>>. Acesso em: 23 de novembro de 2013.

TEIXEIRA, D. H. L., OLIVEIRA, M. S. P., GONÇALVES, F. M. A.; NUNES, J. A. R.. Correlações genéticas e análise de trilha para componentes da produção de frutos de açazeiro. **Revista Brasileira de Fruticultura**, Jaboticabal, v.34, p.1135-1142, 2012. DOI: <https://doi.org/10.1590/s0100-29452012000400022>.

TEIXEIRA, D.H.L.; OLIVEIRA, M.do S.P.de; GONCALVES, F.M A.; FARIAS NETO, J.T. Ganhos genéticos com a seleção para o caráter rendimento de polpa por fruto em açazeiro. In: Congresso Brasileiro de Melhoramento de Plantas, 2009, Guarapari - ES. Anais do 5º Congresso Brasileiro de Melhoramento de Plantas,. Resumo retirado de <https://www.alice.cnptia.embrapa.br/bitstream/doc/661619/1/1985.pdf>

TIBÉRIO, F.C.S.; SAMPAIO-E-SILVA, T.A.; DODONOV, P.; GARCIA, V.A.; SILVA

MATOS, D.M. Germination and allometry of the native palm tree *Euterpe edulis* compared to the introduced *E. oleracea* and their hybrids in Atlantic rainforest. **Brazilian Journal of Biology**. São Carlos, v. 72, p. 955–962, 2012. DOI: <https://doi.org/10.1590/s1519-69842012000500025>.

WENDT, T.; CRUZ, D.D.; DEMUNER, V.G.; GUILHERME, F.A.G. BOUDET-FERNANDES, H. An evaluation of the species boundaries of two putative taxonomic entities of *Euterpe* (Arecaceae) based on reproductive and morphological features. **Flora**, London, v. 206, p. 144–150, 2011. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.flora.2010.03.002>.

## CAPITULO 3

### CARACTERIZAÇÃO DA DIVERSIDADE E ESTRUTURA GENÉTICA DE PALMEIRA JUÇARA (*EUTERPE EDULIS*) NO ESTADO DO ESPÍRITO SANTO

#### RESUMO

A fim de contribuir com o conhecimento da diversidade genética e estrutura populacional da palmeira juçara (*Euterpe edulis* Martius), foram avaliadas quatro populações em três regiões do Estado do Espírito Santo (Norte, Nordeste e Centro-Serrano), utilizando sete *loci* microsatélites. Para isso, foram amostradas 78 plantas para na análise da variância molecular (AMOVA), na estatística F e os métodos de agrupamentos pela distância de Nei e pelo Software Structure Harvester. Os resultados demonstraram que foi possível caracterizar a diversidade genética a partir da utilização de 7 *loci* microsatélites. A média total da heterozigosidade esperada ( $H_E$ ) apresentou valor maior que a heterozigosidade total observada ( $H_O$ ), indicando variabilidade entre as populações. A AMOVA relevou moderado nível de diferenciação ( $F_{ST} = 0,0995$ ) entre as populações e maior diversidade genética intrapopulacional (90,05%) e menor diversidade genética interpopulacional (9,95%). A análise descritiva dos dados demonstrou maior diversidade genética nas populações CV e V que nas populações DM e SL, sendo a população SL com excesso de homozigotos e alto índice endogâmico ( $f = 0,29$ ). Os métodos de agrupamentos estruturaram as quatro populações em três grupos bayesianos ( $K = 3$ ), sendo a população SL (localizada na Estação Biológica de Santa Lúcia) a mais distante geneticamente com baixa variabilidade genética ( $H_O = 0,43$  e  $H_E = 0,59$ ), além de não possuir fluxo gênico entre as demais populações. Os resultados obtidos na pesquisa apresentaram implicações para estudos filogenéticos e taxonômicos para o gênero *Euterpe*. Além de relevante contribuição com informações genéticas para programas de melhoramento, manejo florestal e na conservação da palmeira juçara no Estado do Espírito Santo.

**Palavras chave:** Juçara, microsatélites, diferenciação, estrutura populacional

## 6.1 INTRODUÇÃO

A palmeira juçara (*Euterpe edulis* Martius) é uma espécie endêmica da Mata Atlântica Brasileira que representa importante papel para o equilíbrio da biodiversidade em seu ecossistema (BRANCALION et al., 2012). Seus frutos constituem um importante recurso alimentar para vertebrados frugívoros (REIS et al., 2000a), porém as populações da palmeira juçara não são facilmente encontradas e a espécie ainda está ameaçada de extinção (NOVELLO et al., 2018).

O decréscimo do tamanho e densidade de suas populações tiveram como causa a intensa mortalidade dos indivíduos pela exploração de seu palmito no passado e hodierna fragmentação da Mata Atlântica, o que pode ter conduzido para diminuição da divergência genética interpopulacional (GAIOTTO et al., 2003). De maneira geral, diferentes marcadores moleculares indicam que a maior parte da variabilidade genética encontrada é distribuída dentro das populações (REIS et al., 2000b; CONTE et al., 2003; GAIOTTO et al., 2003; KONZEN; MARTINS, 2017).

Não obstante, a interferência humana através da fragmentação florestal nas populações da palmeira juçara foi capaz de aumentar os níveis de diferenciação genética entre as populações, contribuindo para o baixo fluxo gênico entre elas (CONTE et al., 2008). Essa diferenciação genética entre as populações da palmeira juçara foi correlacionada positivamente com a distância geográfica (CARDOSO et al., 2000). Todavia, o padrão de fluxo gênico entre as populações nota-se que é o resultado em conjunto do: o longo ciclo de vida, a alta densidade populacional, floração não sincronizada, baixa a dispersão de pólen e sementes em maior proporção nas vizinhanças da árvore de origem, tudo isso, associado ao processo histórico de fragmentação da Floresta Atlântica com várias gerações parcialmente isoladas (KONZEN; MARTINS, 2017).

A estrutura demográfica de suas populações naturais em forma de pirâmide, formada por plantas juvenis em sua base larga, e um pequeno número de indivíduos adultos em idade reprodutiva (REIS et al., 1996), mostra que são poucos indivíduos adultos os responsáveis pela manutenção da diversidade genética, estrutura genética e estrutura demográfica de toda a população. E, apesar da espécie possuir mecanismos que favorecem a fecundação cruzada, estudos com marcadores moleculares relataram a presença de cruzamentos entre indivíduos aparentados

(GAIOTTO et al., 2003; SEOANE; SEBBENN, 2004; CONTE et al., 2003; 2008), os quais podem representar um sério problema para a manutenção da estrutura demográfica da espécie (SILVA et al., 2009).

Como solução, nos últimos dez anos, o manejo florestal para exploração sustentável dos frutos para a produção de polpa surge como uma eficiente alternativa para aumentar o tamanho populacional efetivo e o fluxo gênico entre as populações, ajudando criar reforços para conservação genética da palmeira juçara. O interesse na exploração sustentável de seus frutos se deve as propriedades funcionais e nutricionais da polpa. Sua polpa formada por frutos drupáceos, esféricos, com mesocarpo carnoso fino, de cor negro-vinosa, é considerada um alimento benéfico para saúde, por se tratar de uma polpa rica em fibras, minerais e, principalmente, compostos antioxidantes (INADA et al., 2015). Sob o ponto de vista ambiental, a despolpa dos seus frutos fornecem como produto, não só a polpa para ser consumida na alimentação humana, mas também uma grande quantidade de sementes viáveis para dispersão manual e propagação da espécie pelo agricultor. A dispersão dessa sementes podem incrementar e repovoar populações da palmeiras juçara em floretas onde já foram extintas e, portanto, sem capacidade de recomposição demográfica natural.

Porém antes de incentivar o cultivo e/ou manejo de populações da palmeira juçara é preciso informações genéticas que possam contribuir em estratégias de reprodução da espécie e responder implicações de sucesso para a conservação da palmeira juçara em seu habitat natural. Por isso, este estudo caracterizou a diversidade genética com a utilização de microssatélites e analisou as diversidade genética entre e dentro de suas populações. Com isso foi possível analisar estrutura populacional de quatro populações da palmeira juçara presente em três regiões distintas no Estado do Espírito Santo, Brasil.

## 6.2 MATERIAL E MÉTODOS

Foram coletados amostras do córtex de 78 indivíduos adultos da palmeira juçara (*Euterpe edulis* Martius) em três regiões diferentes no Estado do Espírito Santo. Na Região Norte, foram selecionadas amostras de uma população com 20 indivíduos da Reserva Biológica do Córrego do Veado (CV); na Região Nordeste, foram

selecionadas amostras de uma população de 18 indivíduos da Reserva Natural da Vale (V) e na Região Centro-Serrana, foram selecionadas amostras de duas populações: uma na Estação Biológica de Santa Lúcia (SL) com 20 indivíduos por população e uma em Reservas Legais no município de Domingo Martins (DM) com 20 indivíduos por população. Ao todo foram selecionadas quatro populações da palmeira juçara (*Euterpe edulis*) no Estado do Espírito Santo.

Em cada população, as plantas selecionadas seguiram o critério de Bovi et. al. (1992) para plantas adultas e certificadas de que os indivíduos não foram plantados (sem ação antrópica na fitogeografia local). As amostras foram armazenadas em ultra freezer -80°C (MDF-U500VXC-PA/Panasonic) e liofilizadas (liofilizador SL-404/SOLAB) para preservar a qualidade do DNA genômico e transportá-las para o Laboratório de Genética no Centro de Ciências Agrárias e Engenharias da UFES, em Alegre.

As amostras tiveram o DNA extraído pelo método CTAB (Brometo de cetil-trimetil amônio), proposto por Doyle e Doyle (1990), com modificações (Ferreira; Grattapaglia, 1998). Após a extração, as concentrações e a qualidade do DNA das amostras foram estimadas com o uso de espectrofotômetro (nanoDrop 2000/ Thermo Scientific) e a integridade do DNA foi verificada por gel de agarose 0,8%. As regiões de microssatélites foram amplificadas por PCR (Termociclador da Applied Biosystems/ VERITI 96), utilizando sete primers SSR desenvolvidos para *Euterpe edulis* por Gaiotto et al. (2001) (Tabela 11). A reação de PCR foi composta por: 30 ng de DNA genômico; 1X de tampão 10 (Phoneutria); 0,2 µM de cada primer (*forward* e *reverse*); 1,5 mM de MgCl<sub>2</sub>; 0,25 mM dNTPs; e 1 U de Taq DNA polimerase.

Para a amplificação, foi utilizada a programação de 94°C por quatro minutos; 30 ciclos de 94°C por um minuto; temperatura de anelamento do primer por um minuto (Tabela 12); 72°C por um minuto e uma extensão final de 72°C por 7 minutos. Os produtos de amplificação foram corados com GelRed e separados por eletroforese em géis de poliacrilamida 10% e tampão TBE1X a 100 volts, usando marcador de 100 bp (Kasvi), e corrida com duração de aproximadamente 3 horas. Após a eletroforese os géis foram fotografados por sistema de fotodocumentação (ChemiDoc MP Imaging System/BioRad).

Tabela 11: Descrição dos *loci* de microssatélites utilizados como marcadores moleculares para análise da diversidade genética de *Euterpe edulis* Martius. AM: Amplitude alélica em pares de base (pb); TA: temperatura de anelamento. Fonte: Gaiotto et al (2001) com modificações.

<i>Loci</i> SSR	Sequência do primer (5' --> 3')	Motivo	AM	TA (°C)	GenBank
EE41	F: CCTTGCAGTTTATGGCTACG R: CCATTGAGAGGGAATGAGGT	(AG)21 (TG)13	100 – 147	62	AF328882
EE48	F: CCTACCATTACGTACTGTCTG R: CAATATCAAGCTCATCCATC	(AG)27	200 - 250	60	AF328872
EE45	F: AAAGAAATTGGCGTGACATC R: AACCAGTCTTCTCCCTCTCG	(AG)28	89 – 119	62	AF328880
EE23	F: GTTCTGCGATTTCATACTCCTG R: TACGAACCAAGATGGAGCAA	(A)14 (AG)23	90 – 160	60	AF328877
EE9	F: TTCTCTCGCATGCCTCG R: GCCACACACACACAGTAGAATC	(AG)19	77 – 103	62	AF328884
EE8	F: GTATTCCAATGTGCTCACAG R: GTGCAGTAGGCTTCTAGTACC	(AG)20	92 – 108	62	AF328887
EE5	F: GAGAACACATAAGCTGC R: GCTTCAGAATTAGGACA	(AG)24	90 – 144	56	AF328875

Para determinar os parâmetros de diversidade genética, foi construída uma matriz com base na presença (1) e ausência (0) de cada *loci* em géis de poliacrilamida a 10% e com os dados foi realizada a análise descritiva dos *loci* SSR e a análise da diversidade genética entre as populações por meio do programa GDA (LEWIS; ZAYKIN, 2001). Nas análises descritivas dos *loci* e da diversidade genética entre as populações foram calculados o número médio de alelos por *loci* ( $A$ ), a heterozigosidade esperada ( $H_E$ , sob o equilíbrio de Hardy-Weinberg), a heterozigosidade observada ( $H_o$ ) e o coeficiente de endogamia ( $f$  ou  $F_{IS}$ , obtida pela análise da variância da frequência alélica) segundo Wright (1951). A diferenciação entre as populações ( $F_{ST}$ ) e o índice de fixação (e  $F_{IS}$  ou  $f$ ) foram estimados através da análise de variância molecular (AMOVA).

Para diferenças intra e interpopulacionais a análise foi realizada com dois e três níveis hierárquicos considerando as quatro populações de diferentes Unidades de Conservações (UCs) amostradas como grupos distintos. A significância foi testada com 1000 permutações por meio do software Arlequin v. 3.1 (EXCOFFIER et al.,

2006) e, com mesmo software foram obtidos por meio de matriz, os pares de  $F_{ST}$  entre as quatro populações.

Para a análise da estrutura das quatro populações da palmeira juçara (*Euterpe edulis*) e inferência de grupos genéticos foi feita com uma abordagem Bayesiana Monte Carlo Markov Chain (MCMC) (EXCOFFIER; HECKEL, 2006). Cinco corridas independentes foram realizadas para cada K e o melhor número de K foi então escolhido com base no método DeltaK (EVANNO et al., 2005) utilizando o Software Structure Harvester (EARL; VONHOLDT, 2012) com 250.000 mais 750.000, totalizando 1 milhão de interações (*burn-in*). Os *clusters* foram inferidos e processados com o software CLUMPP (JAKOBSSON; ROSENBERG, 2007) para alinhar as múltiplas análises replicadas de o mesmo conjunto de dados e obter uma matriz de consenso.

Para fazer um barramento da matriz Q foi usado o software DISTRUCT (ROSENBERG, 2004), onde os genótipos das populações foram ordenados por ilha e longitude no Barplot e as cores diferenciam os grupos formados. Por último, as distâncias genéticas entre populações foram estimadas pelo índice de Nei e posteriormente organizadas em matrizes que serviram para o agrupamento pelo método hierárquico da média não ponderada-UPGMA (*Unweighted pair-group method with arithmetic averages*) (SNEATH; SOKAL, 1973) por meio do software GENES (CRUZ, 2013).

### 6.3 RESULTADOS E DISCUSSÃO

Todos os 7 *loci* microsatélites foram polimórficos e informativos para o estudo da diversidade genética, apresentando um total de 37 alelos que variaram de dois a nove alelos por *loci* (A) com média de 5,29 alelos (Tabela 12). Tais valores foram superiores que encontrado por Gaiotto et al. (2003) com média de 3,4 alelos por *loci*, confirmando o alto conteúdo polimórfico desses marcadores para estudos genético de populações da palmeira juçara. Neste estudo, os *loci* que mais variaram foram EE48 e EE05 com a amplificação de nove alelos e os *loci* menos variáveis foram EE09 e EE08 com a amplificação de dois alelos.

Os valores de heterozigosidade média observada e heterozigosidade média esperada foram de 0,56 ( $H_o$ ) e 0,65 ( $H_e$ ) (Tabela 12), superiores aos do trabalho de

Gaiotto et al., (2003) ( $H_o=0,423$  e  $H_E=0,445$ ). A relação entre os valores de heterozigosidade observada ( $H_o$ ) e esperada ( $H_E$ ) gerou valores negativos para o coeficientes de endogamia ( $f$ ) em dois *loci*: EE09 e EE08, os quais apresentaram maior contribuição para diversidade genética das populações.

Os *loci* que apresentaram valores positivos para o coeficientes de endogamia ( $f$ ) foram EE45, EE23 e EE05, variando de 0,07 (EE05) a 0,57 (EE41) com uma média total de 0,13 (Tabela 12). A média total dos coeficientes de endogamia ( $f$ ), indica elevada proporção de homozigotos, valor médio superior ao encontrado por Gaiotto et al (2003) com  $f = 0.049$ , Conte et al. (2008) com  $f = 0,050$  e Carvalho et al. (2017) com  $f = 0,086$ , todos com coeficiente endogâmico menores que 0,1.

Tabela 12: Informações sobre os *loci* dos marcadores de microssatélites de *Euterpe edulis*. As sequências iniciais são listadas com número de alelos por *locus* ( $A$ ), heterozigosidade esperada ( $H_E$ ), heterozigosidade observada ( $H_o$ ) e coeficiente de endogamia ( $f$ ).

<i>Loci</i> SSR	$A$	$H_o$	$H_E$	$F$
EE41	4	0,28	0,65	0,57
EE48	9	0,5	0,86	0,42
EE45	4	0,27	0,48	0,44
EE23	7	0,55	0,81	0,33
EE09	2	0,82	0,49	-0,69
EE08	2	0,84	0,49	-0,73
EE05	9	0,69	0,74	0,07
<b>Total</b>	<b>5,29</b>	<b>0,56</b>	<b>0,65</b>	<b>0,13</b>

Com média de 20 indivíduos por população ( $N = 19,5$ ) (Tabela 13), o número médio de alelos ( $A$ ) por populações variou de 3,71 a 5,41. O número médio de alelos apresentaram valores homogêneos para cada população, observação também relatada por Conte et al (2006). No total, a heterozigosidade média esperada ( $H_E = 0,60$ ) foi ligeiramente superior a heterozigosidade média observada ( $H_o = 0,57$ ) entre as populações, o que indica variabilidade genética pouco pronunciada com (Tabela 13). Quando analisamos as populações separadamente podemos observar maior diversidade genética nas populações de CV e V, com  $H_E$  menor que  $H_o$ , indicando presença de indivíduos heterozigotos. Enquanto que as populações de DM e SL

apresentaram menor diversidade genética,  $H_E$  maior que  $H_o$ , indicando excesso de homozigotos (Tabela 13).

De maneira geral, a baixa variabilidade genética encontrada dentre os indivíduos das populações de DM e SL é um reflexo de como as populações da palmeira juçara se comportam reprodutivamente ao longo do processo histórico de fragmentação da Mata Atlântica, com várias gerações parcialmente isoladas no Estado do Espírito Santo (Brasil). Porém Kramer et al. (2008) discute que é possível que a perda de habitat e a fragmentação ainda não tenham reduzido o tamanho da população a ponto de mudar significativamente os processos que mantêm a diversidade genética de suas populações.

Tabela 13: Características das quatro populações da palmeira juçara (*E. edulis*), no estado do Espírito Santo, para 7 *loci* polimórficos de microsatélite.

População	Lat/Long	Altitude	$N^1$	$A^2$	$H_E$	$H_o$	$F$
CV	S18° 22' / W40° 09'	70 m	20	4,43	0,57	0,60	-0,04
V	S19°09' / W40°03'	50 m	18	3,71	0,59	0,63	-0,08
DM	S20°20' / W40°40'	718 m	20	5,14	0,65	0,61	0,06
SL	S19°58' / W40°32'	751 m	20	4,29	0,59	0,43	0,29
<b>Média</b>			<b>20</b>	<b>4,39</b>	<b>0,60</b>	<b>0,57</b>	<b>0,06</b>

Número de indivíduos por população ( $N$ ); número médio de alelo por *loci* ( $A$ ); heterozigosidade esperada ( $H_E$ ); heterozigosidade observada ( $H_o$ ); coeficiente de endogamia ( $f$  ou  $F_{IS}$ ).

Comparativamente, a população SL apresentou coeficiente de endogamia ( $f$ ) maior que a população DM, respectivamente, com valores de 0,29 e 0,06 (Tabela 13). Ao comparar o valor do coeficiente endogâmico da população SL com outros valores relatados na literatura para estudos com uso moleculares microsatélites, observa-se que esse foi o maior valor positivo encontrado até o momento para uma população da palmeira juçara (CARDOSO et al., 2000; CONTE et al., 2003; GAIOTTO et al., 2003; MARTINS-CORDER et al., 2009; CARVALHO et al., 2015; KONZEN; MARTINS, 2017). Segundo Gaiotto et al. (2003), o alto coeficiente endogâmico são tipicamente positivos e significativo em populações que estão em estágios iniciais de desenvolvimento. Seja por isolamento ou por flutuação aleatória na frequência gênica, os cruzamentos entre indivíduos aparentados contribuem para a fixação de alguns homozigotos. Estes homozigotos produzidos tanto podem ser de

genes com efeitos indesejáveis quanto a genes cuja combinação heterótica produz resultados favoráveis a seleção natural (CRUZ; FERREIRA; PESSONI, 2011).

Os resultados da AMOVA mostraram elevada variabilidade genética dentro da população (90,05 %) e menor variação entre as populações (9,95%) nos dois níveis hierárquicos (Tabela 15). Esses valores são considerados valores típicos para Reis et al. (2000b) por se tratar de uma espécie alógama e perene. Com três níveis hierárquicos a variação genética manteve-se maior dentro de populações (85,10%), seguida da variação entre populações (9,78%) e a variação entre indivíduos dentro populações teve o menor nível (5,15%). Oliveira e Silva (2008) encontram na AMOVA para o açaizeiro (*E. oleracea*) grande variabilidade dentro das procedências (acima de 69%). Pela análise com três níveis hierárquicos de variação foram observadas diferenças entre as quatro populações representaram 9,78% da variação total, com diferenças entre populações dentro das faixas, explicando 5,12% da variação (Tabela 14). Estes resultados sugerem que as barreiras ao fluxo de genes entre indivíduos dentro populações desempenham algum papel determinante da estrutura genética populacional atual.

Tabela 14: Análise da variância molecular (AMOVA) para diferentes análises hierárquicas das quatro populações da palmeira juçara (*Euterpe edulis*).

Fonte de variação	Soma de quadrados	Componentes de variação	Índice de fixação	Varição (%)
<b>2 níveis hierárquicos</b>				
Entre populações	31,17	0,23	$F_{ST} = 0,0995^{**}$	9,95
Dentro de populações	293,1	2,089		90,05
Total	324,3	2,320		
<b>3 níveis hierárquicos</b>				
Entre populações	31,17	0,226	$F_{ST} = 0,0976^{**}$	9,76
Entre indivíduos dentro populações	148,1	0,119	$F_{IS} = 0,057^{*}$	5,15
Dentro de populações	145,0	1,971	$F_{IT} = 0,149^{**}$	85,10
Total	324,29	2,320		

\*\*Significativo ( $p > 0,01$ ); \*Significativo ( $p > 0,05$ ). As probabilidades foram calculadas por 1000 permutações aleatórias

O  $F_{ST}$ , parâmetro, que permite verificar a divergência genética interpopulacional, apresentou valor de 0,0995 (Tabela 14). Segundo Meirmans e Hedrick (2011), o valor de 0,0995 confirma moderada diferenciação entre as quatro populações estudadas, o que corrobora com a moderada variação encontrada dentro de cada população com coeficiente de endogamia positivo e próximo de zero ( $F_{IS} = 0,057$ ) (Tabela 14). Resultados semelhantes foram encontrados para a diferenciação entre as populações por Cardoso et al (2000) ( $F_{ST} = 0,0426$ ) através de marcadores AFLP e em Conte et al (2003) (valores de  $F_{ST}$  0,06) por populações diferentes da palmeira juçara e indicam baixa variabilidade genética entre as populações.

Os valores de  $F_{ST}$  entre os pares das populações da palmeira juçara variaram de 0,004 (DM x CV) a 0,137 (SL x V) (Tabela 15). De todos os valores encontrados, apenas os valores entre as populações CV, V e DM e a população SL foram significativos a 5% de probabilidade. A população SL, uma população situada na Estação Biológica de Santa Lúcia, equidistante 100 m das populações de DM (ao Sul) e de V (ao Norte), revela que os valores dos pares de  $F_{ST}$  apresentam diferença entre as proporções da variabilidade genética total em relação as outras populações. Esse resultado revela pouco ou quase algum fluxo gênico entre SL e as demais (DM, CV e V).

A população SL denota peculiaridade devido a presença da sinonímia da palmeira juçara, a *Euterpe espirotosantensis*. Pois, segundo Wendt et al. (2011), alguns indivíduos localizada na Estação Biológica de Santa Lúcia, apresenta-se com indivíduos classificados como uma nova espécie do gênero *Euterpe*. Essa “nova” espécie, chamada popularmente de palmito vermelho (*Euterpe espirotosantensis*) demonstra ainda, evidências de um possível caso de especiação simpátrica no local. Porém, segundo Henderson e Galeano (1996), considera *Euterpe espirotosantensis* como uma sinonímia da palmeira juçara (*Euterpe edulis*). As observações em campo corroboram com Wendt et al. (2011), ao notar que os morfotipos de *E. espirotosantensis* em relação a *E. edulis* demonstram diferenças morfológicas e notória dessincronia entre os picos de floração, além do relato sobre a presença de possíveis de morfotipos híbridos interespecíficos (*E. edulis* e *E. espirotosantensis*) no local, ressalta-se a importância de uma revisão taxonômica do palmito vermelho (*E. espirotosantensis*) num estudo mais aprofundado sobre o tema. Através de fermentas citogenéticas e filogenéticas mais precisas para alcançar a finalidade taxonômica

comparativa. De modo geral, os resultados deste estudo podem ser apenas a constatação do começo de uma fase transitória da evolução, onde a distribuição das frequências alélicas entre os morfotipos e híbridos interespecíficos ao longo de sucessivas gerações estão sendo alteradas ao ponto de ocasionar a especiação simpátrica (COYNE; ORR, 2004).

Entre as outras populações, CV, V e DM, apresentaram pouca ou nenhuma diferenciação com valores variando de 0,004 (DM x V) a 0,027 (CV e V). Entre essas populações (CV, V e DM) os pares de  $F_{ST}$  apresentaram valores semelhantes encontrados por Gaiotto et al. (2003) com  $F_{ST} = 0,06$ ; e Conte et al. (2006) com  $F_{ST} = 0,024$  a 0,021 com uso de marcadores microsatélites. As diferenças encontradas neste trabalho foram de baixa a moderada entre as três populações (Tabela 15), e conforme Fuchs e Hamrick (2010) podem ser causadas devido à presença de elevados a moderados níveis de fluxo gênico histórico entre populações, isso é um indicio que a seleção não está operando fortemente na diferenciação genética em ambos os *loci* (ESTOUP et al., 2002) e pode ter ocorrido no passado fluxo gênico entre estas populações, mesmo que distantes geograficamente (distâncias maiores que 150 quilômetros e variação de altitudinal de 700 metros).

Tabela 15: Pares de  $F_{ST}$  (índice de diferenciação genética da população) entre quatro populações da palmeira juçara (*E. edulis*).

Pares de $F_{ST}$	CV	V	DM	SL
CV	0			
V	0,027*	0		
DM	0,020*	0,004	0	
SL	0,110*	0,137*	0,058*	0

Na análise da estrutura populacional pelo método Structure (K=3, Figura 10A), o agrupamento revelou a existência de três grupos distintos entre as quatro populações estudadas (Figura 10C). Com o uso do método de agrupamento UPGMA através do dendrograma construído pela distância de Nei, também apresentou a existência de três grupos entre as quatro populações (Figura 10E).

Em ambos os métodos, o grupo 1 apresenta populações próximas geograficamente e com maior similaridades pertencentes a região Norte e Nordeste do Estado do Espírito Santo (ES), onde inclui indivíduos das populações CV e V. No

segundo grupo, o grupo 2, que incluem indivíduos da população DM, localizada na região Centro Serrana em Domingos Martins apresenta maior distância geográfica, baixa variabilidade genética entre os indivíduos e com menor similaridade genética com as populações CV e V. Por último, o terceiro grupo, em que ambos os métodos de agrupamentos, apresentaram a população SL completamente diferenciada das demais populações analisadas e formando um grupo exclusivo. O isolamento do Grupo 3 dos demais grupos sugere possível isolamento genético entre SL com as demais populações (resultado semelhante ao encontrado na Tabela 13).

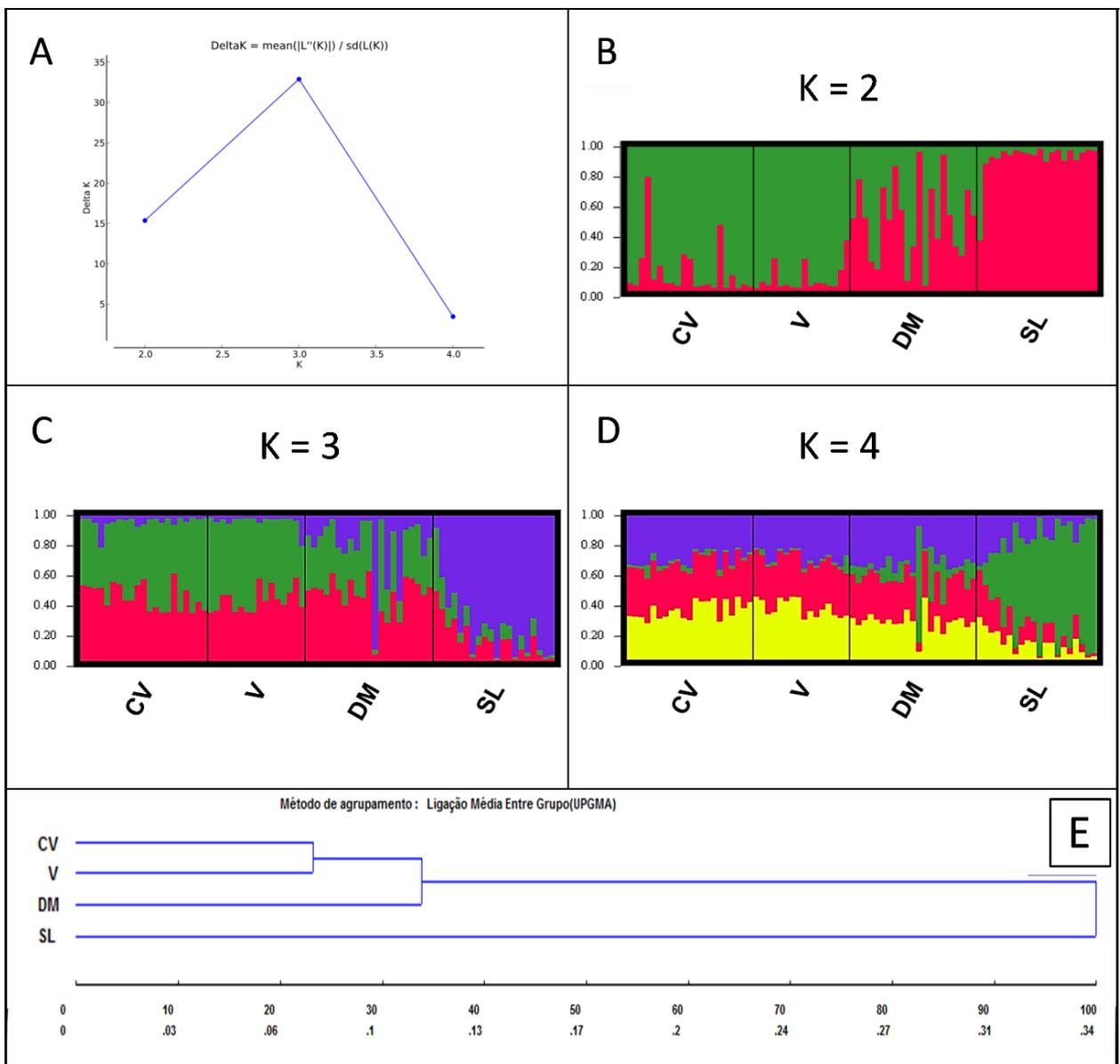


Figura 8: Gráficos obtidos pela análise no STRUCTURE assumido K=3 como verdadeiro (A); representação de similaridade alélica entre as populações com k=2 (B), com K=3 (C), com k=4 (D) com uso do DISTRUCT e o dendrograma UPGMA de 4 populações da palmeira juçara (*E. edulis*) usando a distância genética de Nei, 1973 (E).

Embora esses resultados tenham sido coerentes com o modelo de isolamento por distância proposto por Slatkin (1993) - onde as populações localizadas em distâncias menores apresentaram altos níveis de fluxo de genes e contrário ocorre onde populações geograficamente distantes revelaram menores valores de tal parâmetro - as distâncias genéticas entre as populações deste estudo apresentaram que este modelo proposto, para estas relações, não são uma regra. Cardoso et al (2000) corrobora com os dados ao constatar que, valores baixos foram encontrados entre as distâncias genéticas das populações da palmeira juçara entre as populações de Pindamonhagaba (Estado de São Paulo) e em Itatiaia (Estado do Rio de Janeiro) com uma população SL no município de Santa Teresa no Estado do Espírito Santo, a mesma posição geográfica da população SL do nosso estudo. Estes resultados indicam que a distância genética não depende unicamente da distância geográfica, pois se a regra fosse verdadeira, a população SL deveria ter apresentado similaridades com a população V e com a população DM.

No STRUCTURE também se observa as cores que são utilizadas para distinguir o e representar as similaridades e dissimilaridades alélicas entre os genótipos dentro das populações. Com a formação de 3 grupos na Figura 8C, as cores: verde, vermelho e azul representando cada grupo, houve o prevalecimento das cores verdes e vermelhas nas populações CV e V e com reduzida prevalência da cor azul; na população DM houve redução do predomínio das cores verde e vermelho e revelação da cor azul; Na População SL houve predomínio da cor azul na e reduzida presença das cores verde e vermelha (Figura 8C). Nas Figuras 8B e 8D foram apresentadas as frequências alélicas com duas e quatro cores, respectivamente. Está análise mostrou que para a conservação genética houve, pelo menos, duas populações com alta similaridade entre as populações CV e V, na população DM similaridades com as populações de CV e V além de compartilhamento de alguns alelos da população SL; e alta diferenciação genética da população SL (Figura 8).

Visto que a população SL demonstra grande diferenciação em relação às demais (Figura 8), baixa variabilidade genética dentro de sua população e alto índice endogâmico e baixo fluxo gênico entre esta população com as demais. Resultados semelhantes foram encontrados por Konzen e Martins (2017), em uma população (Foz do Iguaçu) localizada em uma Floresta Sazonal no estado do Paraná que foi

naturalmente desconectada da Mata Atlântica apresentando alto nível de heterozigosidade e com grande distância genética em relação às demais. No entanto, a população SL deste estudo está localizada sob unidade de conservação (Estação Biológica de Santa Lúcia) situada exatamente entre as outras unidades de conservação (CV, V e DM). Posto que nesta população coexista a espécie *Euterpe edulis* e sua sinonímia *Euterpe spiritosanteses*, estudos adicionais sobre a genética desta população podem dar importantes contribuições para o entendimento dos indivíduos que compõem esta população.

A maior diversidade genética apresentada pelas populações de CV ou V foram essas também as mais indicadas para cruzamentos promissores visando aumento de heterose nas próximas gerações da palmeira juçara (*Euterpe edulis*) entre genótipos selecionados para a produção de polpa.

Com base nos resultados que indica menor diversidade na população da população DM e, principalmente, na população SL, este estudo sugere a introdução de genótipos e alelos alternativos de outros locais para elevar seus níveis de diversidade genética entre as populações da palmeira juçara no Estado do Espírito Santo. Por isso, os resultados obtidos têm implicação para a conservação da palmeira juçara no Estado do Espírito Santo e como importante fonte de informações para estudos que envolvam a seleção de materiais genéticos para programas de melhoramento da espécie no Brasil. O melhoramento genético para o cultivo dessa espécie para a produção de frutos deve contribuir para reflorestamento de ambientes degradados pela interferência antrópica e favorecer famílias que vivem da exploração sustentável da Mata Atlântica.

#### 6.4 CONCLUSÕES

A divergência genética de quatro populações da palmeira juçara (*Euterpe edulis*) no Estado do Espírito Santo apresentou moderado nível de diferenciação ( $F_{ST} = 0,0995$ ) entre as populações. As populações apresentaram maior diversidade genética dentro das populações (intrapopulacional) e menor diversidade genética entre as populações (interpopulacional).

A análise descritiva demonstrou maior diversidade genética nas populações CV e V que nas populações DM e SL, sendo a população SL com excesso de homozigotos

e alto índice endogâmico ( $f = 0,29$ ). A análise entre os pares de  $F_{ST}$ , revelou que não houve fluxo gênico entre a população SL com as demais populações. E os métodos de agrupamento pela distância genética de Nei e pelo *software* Structure, foram estruturados três grupos ( $K=3$ ) entre as populações estudadas. O grupo 1 formado pelas populações CV e V, o grupo 2 pela população DM e o grupo 3 mais isolado formado pela população SL. Devido sua controvérsia taxonômica na população SL, este estudo revelou prioridade em estudos filogenéticos e taxonômicos para o gênero *Euterpe* nessa população. Além de relevante contribuição com informações genéticas para o manejo e conservação da palmeira juçara no Estado do Espírito Santo.

## REFERÊNCIAS

- BOVI, M. L. A.; GODOY JÚNIOR, G.; SÁES, L.A. Correlações Fenotípicas Entre Caracteres da Palmeira *Euterpe edulis* Mart. e Produção de Palmito. **Brazilian Journal of Genetics**, Ribeirão Preto, v. 14, n.01, p. 105-121, 1991.
- BRANCALION, P. H.S. ; VIDAL, E. ; LAVORENTI, N.A. ; BATISTA, J.L.F.; RODRIGUES, R.R. Soil-mediated effects on potential *Euterpe edulis* (Arecaceae) fruit and palm heart sustainable management in the Brazilian Atlantic Forest. **Forest Ecology and Management**, Amsterdam, v. 284, p. 78–85, 2012.
- CARDOSO, S.R.S., ELOY, B.; PROVAN, J., CARDOSO, M.A.; FERREIRA, P.C.G Genetic differentiation of *Euterpe edulis* Mart. populations estimated by AFLP analysis. **Molecular Ecology**, Austin, v.9, p.753-1760, 2000.
- CARVALHO, C.S.; BALLESTEROS-MEJIA, L. B.; RIBEIRO, M.C.; CÔRTEZ, M.C.; SANTOS, A.S; COLLEVATTI, R.G. Climatic stability and contemporary human impacts affect the genetic diversity and conservation status of a tropical palm in the Atlantic Forest of Brazil. **Conservation Genetics**, Melborne, v. 18, ed. 2 p. 467 – 478, 2017. <https://doi.org/10.1007/s10592-016-0921-7>
- CARVALHO, C.S.; RIBEIRO, M.C.; CÔRTEZ, M.C.; GALETTI, M.; COLLEVATTI, R. G. Contemporary and historical factors influence differently genetic differentiation and diversity in a tropical palm. **Heredity**, v. 115, n. 3, p. 216- 224, 2015.
- CONTE, R.; NODARI, R.O.; VENCOVSKY, R.; REIS, M.S. Genetic diversity and recruitment of the tropical palm, *Euterpe edulis* Mart., in a natural population from the Brazilian Atlantic Forest. **Heredity**, v. 91, n. 4, p. 401-406, 2003.
- CONTE, R.; REIS, M.S.; MANTOVANI, A.; VENCOVSKY, R. Genetic Structure and Mating System of *Euterpe edulis* Mart. Populations: A Comparative Analysis Using Microsatellite and Allozyme Markers. **Journal of Heredity**, Oxford, v. 5, p. 476–482, 2008.

COYNE, J.A.; ORR, H.A. . Speciation. Sinauer, Sunderland, MA, 2004.

CRUZ, C. D.. Genes: a software package for analysis in experimental statistics and quantitative genetics. **Acta Scientiarum. Agronomy**, Maringá, v. 35, n. 3, p. 271-276, 2013.

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

ESTOUP, A.; JARNE, P.; CORNUET, J.M.. Homoplasmy and mutation model at microsatellite loci and their consequences for population genetics analysis. **Molecular Ecology**, Austin, v.11, p.1591–1604, 2002.

EVANNO, G.; REGNAUT, S.; GOUDET, J. Detecting the number of clusters of individuals using the software STRUCTURE: a simulation study. **Molecular Ecology**, Manhattan, v. 14, p. 2611 – 2620, 2005.

EXCOFFIER, L.; HECKEL. Computer programs for population genetics data analysis: a survival guide. **Nature**, Oxford, v. 7, p. 745-758, 2006.

FERREIRA, M.E.; GRATTAPAGLIA, D. **Introdução ao Uso de Marcadores Moleculares em Análise Genética**. 3 ed. Brasília: Embrapa- Cenargen, 1998. 220p

FUCHS, E.J.; HAMRICK, J. L. Spatial genetic structure within size classes of the endangered tropical tree *Guaicum sanctum* (Zygophyllaceae). **American Journal of Botany**, Georgia, ed. 7, v. 97, p. 1200–1207, 2010.

GAIOTTO, F. A.; BRONDANI, R. P. V.; GRATTAPAGLIA, D. Microsatellite markers for heart of palm – *Euterpe edulis* and *E. oleracea* Mart. (Arecaceae). **Molecular Ecology**, Austin, v. 1, n. 1, p. 86-88, 2001.

GAIOTTO, F. A.; GRATTAPAGLIA, D.; VENCOVSKY, R. Genetic structure, mating system, and long-distance gene flow in heart of palm (*Euterpe edulis* Mart.). **Journal of Heredity**, Oxford, v. 5, p. 399–406, 2003.

INADA, A.A.; OLIVEIRA, T.B.; REVORÊDO, A.B.N.; MARTINS, E.C.Q.; LACERDA, A.S.F.; MONTEIRO, M. C. Screening of the chemical composition and occurring antioxidants in jaboticaba (*Myrciaria jaboticaba*) and jussara (*Euterpe edulis*) fruits and their fractions. **Journal of Functional Foods**, Amsterdam, v. 17, p. 422-433, 2015.

JAKOBSSON, M.; ROSENBERG, N. A. CLUMPP: a cluster matching and permutation program for dealing with label switching and multimodality in analysis of population structure, version 1.1. **Bioinformatics**, Oxford, v. 33, p.1801 – 1806, 2007.

KONZEN, E.R.; MARTINS, M.P. Contrasting levels of genetic diversity among populations of the endangered tropical palm *Euterpe edulis* Martius. **Ceres**, Lavras, v. 23, n. 1, p. 31-42, 2017. DOI: <http://dx.doi.org/10.1590/01047760201723012237>

- LEWIS, P. O.; E ZAYKIN, D. GDA – Genetic Data Analysis: Computer program for the analysis of allelic data. Version 1.0 (d16c). Free program distributed by the authors over the internet from <<http://lewis.eeb.uconn.edu/lewishome/software.html>>. 2001.
- MARTINS, C.C.; BOVI, M.L.A.; MORI, E.S.; NAKAGAWA, J. Isoenzymes in the differentiation of three *Euterpe* species. **Revista Árvore**, Viçosa, MG, v. 31, n. 1, p. 51-57, jan. 2007. <https://dx.doi.org/10.1590/S0100-67622007000100007>
- MARTINS, C.C.; BOVI, M.L.A.; NAKAGAWA, J.. Qualidade fisiológica de sementes de palmito-vermelho em função da desidratação e do armazenamento. **Horticultura Brasileira**, Brasília, v. 25, n. 2, p. 188-192, 2007.
- MARTINS, C.C.; NAKAGAWA, J.; BOVI, M.L.A. Tolerância à dessecação de sementes de palmito-vermelho (*Euterpe espirosantensis* Fernandes). **Revista Brasileira de Botânica**, São Paulo, v. 22, n. 3, p. 391-396, dez. 1999.
- MARTINS-CORDER, M. P.; FIALHO, L. E. B.; ZAMBIAZI, D. C.; KONZEN, E. R. Diversidade genética em populações de *Euterpe edulis* Martius do Rio Grande do Sul, através de marcadores isoenzimáticos. **Ceres**, Lavras, v. 56, n. 2, p. 204-213, 2009.
- MEIRMANS, P.G.; HEDRICK, P.W. Assessing population structure:  $F_{ST}$  and related measures. **Molecular Ecology**, Austin, v. 11, p. 5–18, 2011.
- NEI, M. 1973. Analysis of gene diversity in subdivided populations. *Proc. Nat. Acad. Sc. USA* 70:3321-3323.
- NOVELLO M.; VIANA, J.P.G.; ALVES-PEREIRA, A.; SILVESTRE, E. A.; NUNES, H. F.; PINHEIRO, J.B; BRANCALION, P. H.S.; ZUCCHI, M.I. Genetic conservation of a threatened Neotropical palm through community-management of fruits in agroforests and second-growth forests. **Forest Ecology and Management**, Amsterdã, v. 407, p. 200–209, 2018. <https://doi.org/10.1016/j.foreco.2017.06.059>
- OLIVEIRA, M.S.P.; SILVA, K.J.D. Diferenciação genética entre procedências de açazeiro por marcadores RAPD e SSR. **Revista Brasileira de Fruticultura**, Jaboticabal, v. 30, n. 2, p. 438-443, Jun 2008.
- RAFALSKI, J.A; MORGANTE, M.; POWELL, W.; VOGEL, J.M.; TINGEY, S.V. Generating and using DNA markers in plants. In: BIRREN, B.; LAI, E. (eds.) **Analysis of non mammalian genomes - a practical guide**. Academic Press, New York, p. 75-134, 1996.
- REIS, A.; KAGEYAMA, P. Y.; REIS, M. S.; FANTINI, A. C. Demografia de *Euterpe edulis* Martius (Arecaceae) em uma Floresta Ombrófila Densa Montana, em Blumenau (SC). **Sellowia**, Itajaí, v. 45, n. 48, p. 13–45, 1996.
- REIS, M. S.; FANTINI, A. C.; NODARI, R. O., REIS, A., PEDRO, M. G.; MANTOVANI, A. Management and Conservation of Natural Populations in Atlantic Rain Forest: The Case Study of Palm Heart (*Euterpe edulis* Martius). **Biotropica**, Florida, v. 32, n.4, p. 894-902, 2000a.

REIS, M. S.; VENCOVSKY, R.; KAGEYAMA, P. Y.; GUIMARÃES, E.; FANTINI, A. C.; NODARI, R. O.; MANTOVANI, A. Variação genética em populações naturais de palmitero (*Euterpe edulis* Martius – Arecaceae) na Floresta Ombrófila Densa. **Sellowia**, Itajaí, v. 49-52, p.131-149, 2000b.

ROSENBERG, N. A. DISTRUCT: a program for the graphical display of population structure, version 1.1. **Molecular Ecology Notes**, Austin, v. 4, p. 137 – 138, 2004.

SEOANE, C. E. S.; SEBBENN, A. M. Herança genética e desequilíbrio de ligação em *loci* de isoenzimas de *Esenbeckia leiocarpa*. **Revista do Instituto Florestal**, São Paulo, v. 16, n.1, p. 57-63, 2004.

SLATKIN, M. Isolation by distance in equilibrium and nonequilibrium populations. **Evolution**, Göteborg, v. 47, n. 1, p. 264- 279, 1993.

SNEATH, P.H.A.; SOKAL, R.R. **Numeral taxonomy**. San Francisco: W.H. Freeman, 1973.

WENDT, T.; CRUZ, D.D.; DEMUNER, V.G.; GUILHERME, F.A.G. BOUDET-FERNANDES, H. An evaluation of the species boundaries of two putative taxonomic entities of *Euterpe* (Arecaceae) based on reproductive and morphological features. **Flora**, London, v. 206, p. 144–150, 2011.

WRIGHT, S. The genetical structure of populations. **Annals of Human Genetics**, Londres, v. 15, p. 223-354, 1951. <http://dx.doi.org/10.1111/j.1469-1809.1949.tb02451>.

## CONCLUSÕES GERAIS

Foi possível caracterizar a variabilidade genética da palmeira juçara (*Euterpe edulis*) em populações de três Regiões geográficas do Estado Espírito Santo, que a partir dos valores genotípicos preditos e pelo uso de sete *loci* microssatélites, foi alta dentro das populações e baixa entre as populações.

Foram encontrados moderados níveis de diferenciação entre as populações e os valores encontrados para os pares de  $F_{ST}$ , demonstram que populações distantes geograficamente nem sempre são populações distantes geneticamente. A divergência genética utilizando os métodos aglomerativos DEMP/UPGMA, Tocher e STRUCTURE foram concordantes e identificaram nas populações três grupos distintos, sendo a população SL a mais isolada das demais. Essa população, foi a mais distinta entre as outras populações e apresentaram excesso de homozigotos com alto nível de endogamia e baixo fluxo gênico entre as demais populações. Os resultados encontrados identificaram que a Unidade de Conservação da Estação Biológica de Santa Lúcia no município de Santa Tereza -ES, desperta maior atenção para o estudo da diversidade genética visando a conservação da espécie e para o uso em futuras seleções de genótipos da palmeira juçara.

A análise de trilha dos descritores utilizados revelou a relação entre os descritores mais indicados para selecionar genótipos para maior rendimento de polpa (Rp), principal característica de interesse ao mercado consumidor. Por isso, para se selecionar genótipos com alto rendimento de polpa, deve-se considerar: menor massa de sementes (MS), menor massa de cem sementes (MCS) e maior diâmetro equatorial do fruto (DEF), pois esses descritores possuem forte efeito direto com o rendimento de polpa dos frutos da palmeira juçara.

Entre os vinte melhores genótipos aqueles que caracterizam condição favorável para iniciar um programa de pré-melhoramento genético na seleção de indivíduos superiores para o maior rendimento de polpa (G7F2DM, G4F1DM, G10F1SL, G2F1SL, G9F1SL, G4F1V, G3F1V e G1F1V), que foram os mais indicados para ser utilizados em futuros cruzamentos nos programas de melhoramento genético da palmeira juçara para a produção de polpa no Brasil.

## REFERÊNCIAS

- ACCORSI, W. R.; BARROS, M. A. A. de. Morfologia do fruto e da semente de *Euterpe edulis*, Mart.. **Anais da Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz**, São Paulo, v. 31, p. 701-711, jan. 1974. ISSN 2316-8935. Disponível em: <<http://www.revistas.usp.br/aesalq/article/view/39071/41955>>. Acesso em: 23 jan. 2018. doi:<http://dx.doi.org/10.1590/S0071-12761974000100052>.
- ANDRADE, A.C.S.; PEREIRA, T.S. Comportamento de armazenamento de sementes de palmitero (*Euterpe edulis* Mart.). **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v. 32, n.10, 987-991, 1997.
- ANDRADE, J. C. P.; MARQUES; A. C.; BARBOSA, C. R.; LEITE, T. **Plano de negócios para o fruto da palmeira Juçara (*Euterpe edulis*)**. Vitória: Projeto Corredores Ecológicos, 2014. Trabalho não publicado.
- AUER, S.P.; SOUZA, F.F.; CHAIMSOHN, F.P.; CHIQUETTO, N.C. Produção e processamento de frutos de juçara (*Euterpe edulis* mart.) no litoral do PR. In: **ANAIS DO CONEX** (Conversando sobre extensão). Pró-reitoria de Extensão e Assuntos Culturais (PROEX) Universidade estadual de ponta grossa, ponta grossa – PR. Ed. 11, v. 1Conex ISSN 2238-9113. Publicado em junho de 2012.
- BARBOSA, B. F. F.; MACHADO, C. S. ; GOMES, T. D. U. H. ; MELLO, M. B. ; DARIN, J. D. C. ; BURIM, R. V. ; MARIUTTI, L. R. B. ; MERCADANTE, A. Z. ; BIANCHI, M. L. P. . Clastogenic and cytotoxic evaluation of juçara palm fruit pulp (*Euterpe edulis* m.) in wistar rats by the micronucleus test. In: 2nd Ibero-American Meeting on Toxicology and Environmental Health, 2013, Ribeirão Preto. Book of Abstracts of 2nd Ibero-American Meeting on Toxicology and Environmental Health, 2013.
- BARBOSA, B.F.F. Avaliação da citotoxicidade, genotoxicidade e antigenotoxicidade do fruto da palmeira juçara (*Euterpe edulis* Martius) em ratos Wistar. 2014. 73 f. **Dissertação (Mestrado)**. Faculdade de Ciências Farmacêuticas de Ribeirão Preto – Universidade de São Paulo, Ribeirão Preto, 2014.
- BELIN-DEPOUX, M.; QUEIROZ, M. H. Contribution à l'étude ontogénique des palmiers. Quelques aspects de La germination de *Euterpe edulis* Mart. **Revue Générale de Botanique**, Paris, v.78, p. 339-371,1971.
- BFG. Growing knowledge: an overview of Seed Plant diversity in Brazil. **Rodriguésia**, Rio de Janeiro, v.66, n.4, p.1085-1113. 2015. (DOI: 10.1590/2175-7860201566411).
- BORÉM, A.; MIRANDA, G. V. **Melhoramento de Plantas**. 6. ed. Viçosa: UFV, 2013.
- BORGES, G. D. S. C., VIEIRA, F. G. K., COPETTI, C., GONZAGA, L. V., ZAMBIAZI, R. C., MANCINI FILHO, J.; FETT, R. Chemical characterization, bioactive compounds, and antioxidant capacity of jussara (*Euterpe edulis*) fruit from the

Atlantic Forest in southern Brazil. **Food Research International**, Amsterdam, v. 44, n. 7, p. 2128–2133, 2011.

BOVI, A.M.L.; CARDOSO, M. "Depth of planting for *Euterpe edulis* mart." **Bragantia**, Campinas, ed. 2, v. 35. P. 161-167, 1976.

BOVI, M. L. A, GODOY JUNIOR, G.; SPIERING, S.H.; CAMARGO, S. B. de. Correlações fenotípicas entre caracteres avaliados nos estádios juvenil e adulto de açazeiros. **Bragantia**, Campinas, v. 49, n. 2, p. 321-334, 1990a.

BOVI, M. L. A.; CARDOSO, M.. Conservação de palmitero (*Euterpe edulis* Mart). **Bragantia**, Campinas, v. 37, n. 1, p. 65-71, 1978a.

BOVI, M. L. A.; CARDOSO, M.. Germinação de sementes de palmitero (*Euterpe edulis* Mart.). **Bragantia**, Campinas-SP, v. 84, n. único, p. XXIX-XXXIV, 1975.

BOVI, M. L. A.; CARDOSO, M.; JOSÉ, C.. Sistema radicular do palmitero. **Bragantia**, Campinas, v. 37, n. 1, p. 85-88, 1978b.

BOVI, M. L. A.; GODOY JÚNIOR, G.; SÁES, L. A. Correlações Fenotípicas Entre Caracteres da Palmeira *Euterpe edulis* Mart. e Produção de Palmito. **Brazilian Journal of Genetics**, Ribeirão Preto, v. 14, n.01, p. 105-121, 1991.

BOVI, M. L. A.; GODOY JUNIOR, G.; SAES, L. A. Híbridos interespecíficos de palmitero (*Euterpe oleracea* x *Euterpe edulis*). **Silvicultura**, São Paulo, v. 11, n. 41, p. 117, 1986.

BOVI, M.L.A.; GODOY JÚNIOR, G.G.; SÁES, L. A. Híbridos interespecíficos de palmitero (*Euterpe oleracea* x *Euterpe edulis*). **Bragantia**. Campinas, v.46, n.2, 1987.

BOVI, M.LA, GODOY JUNIOR, G.; SPIERING, S.H.; CAMARGO, S. B. de. Relação entre caracteres da planta e do palmito de açazeiro. **Bragantia**, Campinas, v. 49, n. 1, p. 69-81, 1990b.

BRANCALION, P.H.S.; VIDAL, E.; LAVORENTI, N.A.; BATISTA, J.L.F.; RODRIGUES, R.R. Soil-mediated effects on potential *Euterpe edulis* (Arecaceae) fruit and palm heart sustainable management in the Brazilian Atlantic Forest. **Forest Ecology and Management**, Amsterdam, n.284, p. 78–85, 2012.

BRASIL. **Instrução Normativa Nº 6. Lista Oficial das Espécies da Flora Brasileira Ameaçadas de Extinção**. Diário Oficial da União de 23 de setembro de 2008, (Seção 1) 185, p.75-83.

BRASIL. Ministério da Agricultura e do Abastecimento. Instrução Normativa nº 01, 7 de janeiro de 2000. **Aprova os Regulamentos Técnicos para Fixação dos Padrões de Identidade e Qualidade para polpa de açaí**. Diário Oficial da União, Brasília, DF, 10 jan. 2000.

BRITO, E. S.; ARAÚJO, M. C. P.; ALVES, R. E.; CARKEET, C. C.; CLEVIDENCE, B.; NOVOTNY, J.. Anthocyanins present in selected tropical fruits: Acerola, jambolão,

Jussara e guarabiju. **Journal of Agricultural and Food Chemistry**, Easton, n. 55, v.23, p. 9389-9394, 2007.

CALVI, G. P.; PIÑA-RODRIGUES, F.C.M. Fenologia e produção de sementes de *Euterpe edulis* – Mart em trecho de floresta de altitude em município de Miguel Pereira-RJ. **Revista Universidade Rural**, série ciências da vida, Rio de Janeiro, v.25, n.1, p.33-40, jan-jun, 2005.

CANAL, G.B.; MENGARDA, L.H.G.; GUILHEN, J.H.S.; MARÇAL, T.S.; REBOLETO, I. D. ; FERREIRA, M. F. S.. Estimativa de repetibilidade para rendimento de polpa e caracteres biométricos de frutos e sementes de *Euterpe edulis*. In: XX ENCONTRO LATINO AMERICANO DE INICIAÇÃO CIENTIFICA, **Anais...** São José dos campos, 2016.

CARDOSO, S.R.S.; ELOY, N.B.; PROVAN, J.; CARDOSO, M.A.; FERREIRA, P.C.G. Genetic differentiation of *Euterpe edulis* Mart. populations estimated by AFLP analysis. **Molecular ecology**, Austin, v. 9, n.11, p.1753-1760, 2000. Doi: 10.1046/j.1365-294x.2000.01056.x

CARVALHO, M. S. Diversidade e estrutura genética de *Euterpe edulis* Mart. **Dissertação (Mestrado em Genética e Melhoramento)**. Centro de Ciências Agrárias e Engenharias da Universidade Federal do Espírito Santo, Alegre – ES. 58 f, 2015,

CARVALHO, M. S.; GUILHEN, J. H. S.; MARCAL, T. S.; FERREIRA, M. F. S.; FERREIRA, A. . Comparação da diversidade genética de *Euterpe edulis* M. de duas localidades no Espírito Santo. In: XIV Encontro Latino Americano de Pós Graduação, 2014, São José dos Campos. XIV Encontro Latino Americano de Pós Graduação, 2014.

CARVALHO, M. S.; GUILHEN, J. H. S.; MARCAL, T. S.; QUADROS, I.; CANAL, D.; FERREIRA, M. F. S.; FERREIRA, A.. Variabilidade genética entre progênies de meios irmãos de *Euterpe edulis* Mart.. In: XIX Encontro de Iniciação Científica, XV Encontro de Pós-Graduação e IX INIC Jr da UNIVAP, 2015, São José dos Campos. XIX Encontro de Iniciação Científica, XV Encontro de Pós-Graduação e IX INIC Jr da UNIVAP, 2015.

CARVALHO, M.S.; GUILHEN, J.H.S.; MARCAL, T.S.; FERREIRA, M.F.S.; FERREIRA, A.. Comparação da diversidade genética de *Euterpe edulis* M. de duas localidades no espírito santo. In: XIV Encontro Latino Americano de Pós Graduação, **Anais..** São José dos Campos., 2014a.

CARVALHO, M.S.; LORENZONI, R.M.; GUILHEN, J.H.S.; MARCAL, T.S.; FERREIRA, M. F. S.; FERREIRA, A.. PRELIMINARY ANALYSIS OF *Euterpe edulis* MART. Genetic diversity by Microsatellite in the south and caparaó in Espírito Santo. In: 60º CONGRESSO BRASILEIRO DE GENÉTICA. **Anais..**, Guarujá-SP 2014b.

CARVALHO, P.E.R. **Espécies Arbóreas Brasileiras**. Colombo: Embrapa Florestas, 2003, 1039p.

CASTRO, E.R. Fenologia reprodutiva do palmito *Euterpe edulis* (Arecaceae) e sua influência na abundância de aves frugívoras na Floresta Atlântica. **Tese (Doutorado em Ciências Biológicas - Área de Concentração: Biologia Vegetal)**. Instituto de Biociências da Universidade Estadual Paulista “Júlio de Mesquita Filho” Campus de Rio Claro. Estado de São Paulo, Brasil, 183f, 2007.

CAVALCANTE, P. B. **Frutas comestíveis da Amazônia**. Coleção Adolfo Ducke. 5ª ed. Belém: CNPq. 1991, p. 25-28

CHANG, Y.C.; HUANG, K.X.; HUANG, A.C.; HO, Y.C.; WANG, C.J.. Hibiscus anthocyanins-rich extract inhibited LDL oxidation and oxLDL-mediated macrophages apoptosis. **Food and Chemical Toxicology**, Oxford, v.44, n.7, p.10-15, 2006. DOI: 10.1016/j.fct.2005.12.006.

CHAPMAN, H.M.; PARH, D.; ORAGUZIE, N. GENETIC structure and colonizing success of a clonal, weedy species, *Pilosella officinarum* (Asteraceae). **Heredity**, Edinburgh, n. 84, p. 401 – 409, 2000.

CHEN, P.N.; KUO, W.H.; CHIANG, C.L.; CHIOU, H.L.; SHOU, Y.S.; CHUC, S.C.. Black rice anthocyanins inhibit cancer cells invasion via repressions of MMPs and u-PA expression, **Chemico-Biological Interactions**, Londres, v. 163, n.3, p. 218, 2006. DOI: 10.1016/j.cbi.2006.08.003

CNCFLORA. *Euterpe edulis* in Lista Vermelha da flora brasileira versão 2012.2 Centro Nacional de Conservação da Flora. Disponível em <[http://cncflora.jbrj.gov.br/portal/pt-br/profile/Euterpe edulis](http://cncflora.jbrj.gov.br/portal/pt-br/profile/Euterpe%20edulis)>. Acesso em 8 maio 2017.

COHN, J.N.; KOWEY, P.R.; WHELTON, P.K.; PRISANT, M.. New Guidelines for Potassium Replacement in Clinical Practice. A Contemporary Review by the National Council on Potassium in Clinical Practice. **Archives of Internal Medicine**, Califórnia (SF), v.160, p. 2429-36, 2000.

COLETTI, L.Y.; VERRUMA-BERNARDI, M.R.. Study of the acceptability of palm hearts. **Revista Univap** (revista.univap.br). São José dos Campos-SP-Brasil, v. 21, n. 37, p. 57 – 64, 2015. ISSN 2237-1753.

COMPANHIA NACIONAL DE ABASTECIMENTO - CONAB. Conjuntura mensal: juçara (fruto), Período: 01 a 30/04/2016 três. Brasília: Conab, 2016. Disponível em: <[http://www.conab.gov.br/OlalaCMS/uploads/arquivos/16\\_05\\_10\\_17\\_42\\_06\\_jucara\\_abril\\_2016.pdf](http://www.conab.gov.br/OlalaCMS/uploads/arquivos/16_05_10_17_42_06_jucara_abril_2016.pdf)>. Acesso em: 03 abr. 2017.

CONTE R.; REIS, M. S.; VENCOVSKY, R. Effects of management on the genetic structure of *Euterpe edulis* Mart. populations based on microsatellites. **Scientia Forestalis**, Piracicaba, v. 81, n. 72, p. 81-88, 2006.

CONTE, R. Estrutura genética de populações de *Euterpe edulis* Mart. submetidas à ação antrópica utilizando marcadores alizímicos e microsatélites **Tese (Doutorado em Agronomia)**. Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz”, Universidade de São Paulo, Piracicaba-SP, 124f, 2004.

- CONTE, R.; NODARI, R.O.; VENCovsky, R. ; REIS, M.S. Genetic Diversity and recruitment of the tropical palm, *Euterpe edulis* Mart., in a natural population from the Brazilian Atlantic Forest. **Heredity**, v. 91, p. 401-406, 2003.
- CONTE, R.; REIS, M.S.; MANTOVANI, A.; VENCovsky, R. Genetic structure and mating system of *Euterpe edulis* Mart. populations: a comparative analysis using microsatellite and allozyme markers. **Journal of Heredity**, Oxford, v. 5, p. 476–482, 2008.
- COUCEIRO, P.; SLYWITCH, E.; LENZ, F.. . Eating pattern of vegetarian diet. **Revista Einstein** (São Paulo), ed. 3, v. 6, p. 365-73, 2008.
- CRUZ, C.D.; FERREIRA, F.M.; PESSONI, L. A.. **Biometria aplicada ao estudo da diversidade genética**. Visconde do Rio Branco: Suprema, 620 p. 2011.
- CRUZ, C.D.; REGAZZI, A. J.; CARNEIRO, P.C.S.. **Modelos biométricos aplicados ao melhoramento genético**. 4. ed. Viçosa-MG: UFV, 2012. 514p.
- DIAS, N.C.S.; MARQUES, K.F.; ALVES, M.C.; SOUZA, J.R.C.L.; SOUZA, T.S.; FERREIRA, A.. Caracterização química das antocianinas do fruto de juçara (*Euterpe edulis* Martius). In: XX Encontro Latino Americano de Iniciação Científica (XX INIC), 2016, São José dos Campos. **Anais**. Educação e Ciência para a cidadania global, 2016.
- DINIZ FILHO, J. A.S. **Métodos filogenéticos comparativos**. Riberão Preto: Holos, 2000.120p.
- ELISIA, I.; CHUNHU, C.; POPOVICH, D.G.; KITTSA, D.D. Antioxidant assessment of an anthocyanin-enriched blackberry extract. **Food Chemistry**, London, v.101, ed 3, p. 1052-1058, 2007. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2006.02.060>
- FADINI, R. F.; FLEURY, M.; DONATTI, C. I.; GALETTI, M. Effects of frugivore impoverishment and seed predators on the recruitment of a keystone palm. **Acta Oecologica**, Berlim, v.35, p.188–196, 2009.
- FAO/WHO. Expert consultation on human vitamin and mineral requirements. Rome: **Food and Nutrition Division**, 2001. 303 p.
- FERNANDES, H.Q.B. Uma nova espécie de *Euterpe* (Palmae – Arecoideae – Arecaceae) do Brasil. **Acta Botânica Brasilica**, Belo Horizonte, v.3, n.2, p.43-49, 1989.
- FERREIRA, A.; MARCAL, T.S.; GUILHEN, J.H.S.; OLIVEIRA, W.B.S.; CARVALHO, M.S.; FERREIRA, M.F.S.. Variabilidade Genética Intrapopulacional de *Euterpe edulis* Martius via parâmetros genéticos. In: III Congresso Brasileiro de Recursos Genéticos, **Anais**.. Santos-SP, 2014.
- FERREIRA, V. L. P.; BOVI, M. L. A.; DRAETTA, I.S.; PASCHOALINO, J.E.; SHIROSE, I.. Estudo do Palmito do Híbrido das Palmeiras *Euterpe edulis* Mart. (Juca-Ra) e *Euterpe Oleracea* Mart. (Acai). I. Avaliações Físicas, Organolépticas e Bioquímicas. **Coletânea do Instituto de Tecnologia de Alimentos**, Campinas, v.

12, p. 27-42, 1982.

FISCH, S. T.V.; NOGUEIRA JR, L.R.; MANTOVANI, W. Fenologia Reprodutiva de *Euterpe edulis* Mart, na Mata Atlântica (Reserva Ecológica do Trabiçu, Pindamonhangaba – SP). **Revista Biociência**, Taubaté, v.6, n.2, p31-37, jul-dez. 2000.

FUCHS, E.J.; HAMRICK, J.L. Spatial genetic structure within size classes of the endangered tropical tree *Guaiaacum sanctum* (Zygophyllaceae), **American Journal of Botany**, Georgia, ed.7, v.97, p. 1200-7, 2010.

GAIOTTO, F.A.; BRONDANI, R.P.V.; GRATTAPAGLIA, D. Microsatellite markers for heart of palm – *Euterpe edulis* and *E. oleracea* Mart. (Arecaceae). **Molecular Ecology**, Austin, v. 1, n. 1, p. 86-88, 2001.

GAIOTTO, F.A.; GRATTAPAGLIA, D.; VENCOVSKY, R. Genetic structure, mating system, and long-distance gene flow in heart of palm (*Euterpe edulis* Mart.). **Journal of Heredity**, Oxford, v. 5, p.399–406, 2003.

GALETTI, M.; ALEIXO, A. Effects of palm heart harvesting on frugivores in the Atlantic forest of Brazil. **Journal of Applied Ecology**, London, v. 35, n. 2, p. 286-293, abr. 1998.

GALETTI, M.; ZIPPARRO, V.; MORELLATO, P. C. Fruiting phenology and frugivory on the palm *Euterpe edulis* in a lowland Atlantic forest of Brazil. **Ecotropica**, Bonn, v. 5, p. 115- 122, 1999.

GENINI, J.; GALETTI, M.; MORELLATO, P.C. Fruiting phenology of palms and trees in an Atlantic rainforest landbridge island. **Flora**, London, v. 204, p.131–145, 2009.

GUIMARÃES, L.A.O.P.; DE SOUZA, R.G.; DORZENONI, R.R.; MENDONÇA, G.C. Produção e maturação de frutos de palmeira juçara: primeiros resultados para a região Serrana do Espírito Santo. In: ENCONTRO LATINO AMERICANO DE INICIAÇÃO CIENTÍFICA, **Anais.. ENCONTRO LATINO AMERICANO DE PÓS-GRADUAÇÃO**, 15, 2015, São José dos Campos. UNIVAP, 2015.

HAMRICK, J.L. The distribution of genetics variation within and among natural plant populations. In: SCHONEWALD-COX, C.M.; CHAMBERS, S.M.; MACBRYDE, B.; THOMAS, W.L. (Eds.). **Genetic and conservation**. Menlo Park: Benjamin Cummings, 1983. p. 335-348.

HENDERSON, A. The genus *Euterpe* in Brasil. In: ***Euterpe edulis* Martius - (palmitreiro) - Biologia, Conservação e Manejo**. Herbário Barbosa Rodrigues, Itajaí, p.1-22, 2000.

HENDERSON, A., GALEANO, G.; BERNAL, R.. **Field Guide to the Palms of the Americas**. Princeton University Press, New Jersey. 1995.

HENDERSON, A.; GALEANO, G. *Euterpe*, *Prestoea*, and *Neonicholsonia* (Palmae: *Euterpeinae*). **Flora Neotropica**. New York: New York Botanical Garden. v. 72, p.90, 1996.

IADEROZA, M.; BALDINI, V.L.S.; DRAETTA, S.E.; BOVI, M.L.A. Anthocyanins from fruits of açai (*Euterpe oleracea*, Mart) and juçara (*Euterpe edulis*, Mart). **Tropical Science**, Germantown, NY 32: 41-46, 1992.

INSTITUTO DE DEFESA AGROPECUÁRIA E FLORESTAL DO ESPÍRITO SANTO – IDAF. Instrução normativa nº 003, de 31 e 3 julho de 2013. Disponível: <https://idaf.es.gov.br/Media/idaf/Documentos/Legisla%C3%A7%C3%A3o/DRNRE/IN%20Idaf%20n%C2%BA%20003,%20de%2031%20de%20julho%20de%202013.pdf>. Acesso em: 21 de novembro de 2017.

INSTITUTO DE PERMACULTURA E ECOVILAS DA MATA ATLÂNTICA (IPEMA) - Projeto Juçara. Data da publicação: indefinida. Disponível em: <http://www.projetojuçara.org.br/projeto-juçara>. Acessado em: 29 set. 2016.

KAGEYAMA, P.; REIS, A.. Areas Of Secondary Vegetation In The Itajai Valley, Santa Catarina, Brasil. Perspectives For Management And Conservancy. **Forest Genetic Resources**, v. 21, p. 37-40, 1993.

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

KIYUNA, I.; SANTIAGO, M.M.D.; BOVI, M.L.A. Simulacao da Viabilidade Econômica da Cultura do Palmeiro Híbrido (*Euterpe Oleracea X Euterpe edulis*) No Estado de Sao Paulo. Informações Econômicas. **Instituto de Economia Agrícola**, São Paulo, v. 27, n.4, p. 25-40, 1997.

KONZEN, E. R., MARTINS, M.P. Contrasting levels of genetic diversity among populations of the endangered tropical palm *Euterpe edulis* Martius, **Cerne**, Lavras, v. 23, n. 1, p. 31- 42, 2017. Doi: 10.1590/01047760201723012237.

KUSKOSKI, E.M.; FETT, P ; ASUERO, A.G. Antocianos: un grupo de pigmentos naturales. Aislamiento, identificación y propiedades. **Alimentaria**, Madrid, v. 2, n.61, p.61-74, 2002.

LEITMAN, P.; SOARES, K.; HENDERSON, A.; NOBLICK, L.; MARTINS, R.C. **Arecaceae in Lista de Espécies da Flora do Brasil**. Jardim Botânico do Rio de Janeiro. 2015. Disponível em: <<http://floradobrasil.jbrj.gov.br/jabot/floradobrasil/FB15712>>. Acesso em: 03 de abril de 2017.

LIMA, R.R.; COSTA, J.P.C. da. **Registro de introduções de plantas de cultura pré-colombiana coletadas na Amazônia brasileira**. Belém: Embrapa-CPATU, 1991. 21 0p. (Embrapa-CPATU. Documentos, 58).

LLERAS, E.; GIACOMETTI, D.C.; CORADIN, L. Áreas críticas dre distribución de palmas de las Americas para coleta, evaluación y conservación. In: INFORME DE LAREUNION DE CONSULTA SOBRE PALMERAS POCO UTILIZADAS DE AMERICA TROPICAL. San Jose: CATIE/FAO, 1983. P.67-81.

LORENZI, H. **Árvores brasileiras**: manual de identificação e cultivo de plantas

arbóreas nativas do Brasil. Nova Odessa: *Plantarum*, 2002. 20p.

LORENZI, H. **Flora Brasileira: Arecaceae – Palmeiras**. São Paulo: Plantarum, 2010.

LORENZI, H.; BACHER, L.; LACERDA, M.; SARTORI, S. **Frutas brasileiras e exóticas cultivadas: (de consumo *in natura*)**. São Paulo: Instituto *Plantarum* de Estudos da Flora, 2006.

MAC FADDEN, J. A produção de açaí a partir do processamento dos frutos do palmito (*Euterpe edulis* Martius) na Mata Atlântica. **Dissertação (Mestrado em Agroecossistemas)**. Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis-SC, 100 f., 2005.

MANTOVANI, A. Fenologia e aspectos da biologia floral de uma população de *Euterpe edulis* Martius na Floresta Atlântica no Sul do Brasil. Rio Claro. **Dissertação (Mestrado em Biologia Vegetal)** Universidade Estadual Paulista, Rio Claro, 66f, 1998.

MANTOVANI, A.; MORELLATO, P. Fenologia da floração, frutificação, mudança foliar e aspectos da biologia floral. **Sellowia**, Itajaí, ed. 49, v. 52, p. 23-38, 2000.

MARÇAL, T. de S.; FERREIRA, A.; OLIVEIRA, W. B. dos S.; GUILHEN, J. H. S.; FERREIRA, M. F. da S. Correlações genéticas e análise de trilha para caracteres de fruto da palmeira juçara. **Revista Brasileira de Fruticultura**, Jaboticabal, v. 37, n. 3, p. 692- 698, 2015.

MARTINS, C.C.; BOVI, M.L.A.; MORI, E.S.; NAKAGAWA, J. Isoenzymes in the differentiation of three *Euterpe* species. **Revista Árvore**, Viçosa, MG, v. 31, n. 1, p. 51-57, jan. 2007. <https://dx.doi.org/10.1590/S0100-67622007000100007>

MARTINS, C.C.; BOVI, M.L.A.; NAKAGAWA, J.. Qualidade fisiológica de sementes de palmito-vermelho em função da desidratação e do armazenamento. **Horticultura Brasileira**, Brasília, v. 25, n. 2, p. 188-192, 2007.

MARTINS, C.C.; NAKAGAWA, J.; BOVI, M.L.A. Tolerância à dessecação de sementes de palmito-vermelho (*Euterpe espirosantensis* Fernandes). **Revista Brasileira de Botânica**, São Paulo, v. 22, n. 3, p. 391-396, dez. 1999.

MARTINS, S. V.; LIMA, D. G. **Cultura de Palmeiras I: palmito (*Euterpe edulis* Mart.)**. Viçosa: Editora UFV, 1999. 28 p.

MEDEIROS-COSTA, J.T. Flora Fanerogâmica da Ilha do Cardoso (São Paulo, Brasil): Arecaceae (Palmae). In: M.M.R.F. Melo, F. Barros, S.A.C. Chiea, M. Kirizawa, S.L. Jung-Mendaçolli & M.G.L. Wanderley (eds.). **Flora Fanerogâmica da Ilha do Cardoso**. Instituto de Botânica, São Paulo, v. 10, p. 57-75, 2003.

MENEZES, E.M.S.; TORRES, AT ; SRUR, A.. Valor nutricional da polpa de açaí (*Euterpe oleracea* Mart.) liofilizada. **Acta Amazônica**, Manaus, v. 38, n.2, p. 311-316, 2008.

MIRANDA, T.M.; HANAZAKI, N.; GOVONE, J.S.; ALVES, D.M.M.. Existe utilização efetiva dos recursos vegetais em comunidades na Ilha do Cardoso, estado de São Paulo, Brasil. **Rodriguésia**, Rio de Janeiro, v. 62, n. 1, p. 153–169, 2011.

MULER, A.E.; ROTHER, D.C.; BRANCALION, P.S.; NAVES, R.P.; RODRIGUES, R. R.; PIZO, M.A. Can overharvesting of a non-timber-forest-product change the regeneration dynamics of a tropical rainforest? The case study of *Euterpe edulis*. **Forest Ecology and Management**, Amsterdam, v. 324, p. 117-125, Jul. 2014.

NAZARENO, A.G. **Estrutura e diversidade genética de populações naturais de *Ficus spp.* (Moraceae) em fragmentos florestais no estado de São Paulo.** 2009.

NEGREIROS, G.F.; PEREZ, S. C.J.G. A. Resposta fisiológica de sementes de palmeiras ao envelhecimento acelerado. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v. 39, n. 4, p. 391-396, 2004.

NODARI, R.O.; REIS, A. GUERRA, M.P.; REIS, M.S.dos; FLORIANO, E.P. Análise preliminar do inventário do palmito em Floresta Ombrófila Densa Montana. In: ENCONTRO NACIONAL DE PESQUISADORES EM PALMITO, Curitiba, 1987. **Anais**. Curitiba: Embrapa, 1987. p.159-65.

NOGUEIRA, O.L. Regeneração, manejo e exploração de açazais nativos de várzea do estuário amazônico. **Tese de Doutorado**. UNIVERSIDADE FEDERAL DO PARÁ, - Belém-PA, 149f, 1997.

OLIVEIRA, M do S.P. Avaliação do modo de reprodução e de caracteres quantitativos em acessos de açazeiro (*Euterpe Oleracea* Mart.- Arecaceae). 145 p. **Dissertação (Mestrado em Botânica)**, grande área: ciências agrárias. Universidade Federal Rural de Pernambuco, UFRPE, Brasil.1995.

OLIVEIRA, M.do S. P. de; LEMOS, M.A.; SANTOS, E. O.dos; SANTOS, V.F.dos. **Variação fenotípica em acessos de açazeiro (*Euterpe oleracea* Mart.) para caracteres relacionados à produção de frutos**. Boletim de Pesquisa Embrapa Amazônia Oriental, Belém, PA, n.209, p. 1-23, 1998.

OLIVEIRA, M.S.P. de; LEMOS, M. A.; SANTOS, E. O.dos; SANTOS, V.F.dos . Correlações fenotípicas entre caracteres vegetativos e de produção de frutos em açazeiro. **Revista Brasileira de Fruticultura**, Jaboticabal, SP, v. 22, n.1, p. 1-5, 2000A.

OLIVEIRA, M.S.P.; CARVALHO, J.E.U.; NASCIMENTO, W.M.O. **Açaí (*Euterpe oleracea* Mart.)**. Jaboticabal: Funep, v. 1. p.52p, 2000b.

OLIVEIRA, M.S.P.; SANTOS, J.B.; AMORIM, A.P.; FERREIRA, A.F. Variabilidade genética entre acessos de açazeiro utilizando marcadores microssatélites. **Ciência agrotécnica**, Lavras v. 34 ed. 5, p. 1253-1260, 2010.

OLIVEIRA, W.B.S.; FERREIRA, A.; GUILHEN, J.H.S.; MARÇAL, T.S.; SILVA, M. F.; SENRA, J. F. DE B. Análise de trilha e diversidade genética de *Euterpe edulis* Martius para caracteres vegetativos e de frutos. **Scientia Forestalis**,

Piracicaba, v. 43, p. 303-31, 2015.

PAULILO, M.T. Ecofisiologia de plântulas e plantas jovens de *Euterpe edulis* Mart. (Arecaceae): Comportamento em relação à variação de radiação solar. In: REIS, M.S. e REIS, A. ***Euterpe edulis* Mart (Palmitreiro) biologia: conservação e manejo**. 335p. Itajaí: Herbário Barbosa Rodrigues, 2000.

PIMENTEL, A. J. B., GUIMARÃES, J. F. R., SOUZA, M. A., RESENDE, M. D. V., MOURA, L. M., ROCHA, J. R. A. S. C., RIBEIRO, G.. Estimação de parâmetros genéticos e predição de valor genético aditivo de trigo utilizando modelos mistos. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, ed.11, v. 49, p. 882-890, 2014.  
<https://dx.doi.org/10.1590/S0100-204X2014001100007>

PORTELA, R.C.Q.; PIRES, A.S.; SANTOS, F.A.M. Unusual branching in the palm *Euterpe edulis* Mart. **Hoehnea**, São Paulo, ed. 3, v. 36, p. 501-506, set- 2009.

PORTINHO, J.A.; ZIMMERMANN, L.M.; BRUCK, M.R.. Efeitos Benéficos do Açaí (Beneficial effects of açai). **International Journal of Nutrology**, São Paulo, v .5, n.1, p. 15-20, jan./abr . 2012.

QUEIROZ, M.H. **Biologia do Fruto, da Semente e da Germinação do Palmitreiro *E. edulis* Martius - Arecaceae**. In: REIS, M. S. dos; REIS, A. (Org.). *Euterpe edulis* Martius – (Palmitreiro) biologia, conservação e manejo. Itajaí: Herbário Barbosa Rodrigues, p. 324-335, 2000.

REIS, A. Dispersão de sementes de palmitreiro (*E. edulis* M.- Palmae) na Floresta Ombrófila Densa Montana em Blumenau, SC. Campinas, 1995. 154p. **Tese (Doutorado)** – Universidade de Campinas

REIS, A.; KAGEYAMA, P. Y. Dispersão de sementes de *Euterpe edulis* Martius - Palmae. In: Maurício Sedrez dos Reis; Ademir Reis. (Org.). *Euterpe edulis* Martius - (Palmitreiro) **Biologia, Conservação e Manejo**. Itajaí: Herbário Barbosa Rodrigues, v. 1, p. 60-92, 2000a.

REIS, A.; KAGEYAMA, P. Y.; REIS, M. S.; FANTINI, A. C. Demografia de *Euterpe edulis* Martius (Arecaceae) em uma Floresta Ombrófila Densa Montana, em Blumenau (SC). **Sellowia**, Itajaí, v. 45, n. 48, p. 13–45, 1996a.

REIS, M. Dinâmica da movimentação dos alelos: subsídios para a conservação e manejo de populações naturais em plantas. **Revista Brasileira de Genética**, Ribeirão Preto, v. 19, n. 4, p. 37-47, 1996b.

REIS, M. S.; VENCOVSKY, R.; KAGEYAMA, P. Y.; GUIMARÃES, E.; FANTINI, A. C.; NODARI, R. O.; MANTOVANI, A. Variação genética em populações naturais de palmitreiro (*Euterpe edulis* Martius – Arecaceae) na Floresta Ombrófila Densa. **Sellowia**, Itajaí, v. 49-52, p.131-149, 2000c.

REIS, M.S.; FANTINI, A.C.; NODARI, R.O., REIS, A., PEDRO, M.G.; MANTOVANI, A. Management and Conservation of Natural Populations in Atlantic Rain Forest: The

Case Study of Palm Heart (*Euterpe edulis* Martius). **Biotropica**, Florida, v. 32, n. 4, p. 894-902, 2000b.

REIS, M.S.; GUERRA, M.P.; NODARI, R.O.; REIS, A.; RIBEIRO, R.J. Distribuição geográfica e situação atual das populações na área de ocorrência de *Euterpe edulis* Martius. **Sellowia**, Itajaí, v.49-52, p.324-335, 2000d.

REIS, M.S.dos; CONTE, R.; FANTINI A.C.; NODARI, R.O. Caracterização do incremento em diâmetro de *Euterpe edulis* Mart. e implicações para o seu manejo em formações florestais secundárias. **Revista Árvore**, Viçosa, v.23, n.4, p.413-422, 1999.

REIS, M.S.dos; GUERRA, M. P. ***Euterpe edulis* (Palmitreiro)**. Projeto Inventário dos Recursos Florestais da Mata Atlântica. São Paulo: Conselho Nacional da Reserva da Biosfera – FUMBIO, 1998. 104p.

REIS, M.S.dos; REIS, A.; NODARI, R.O.; GUERRA, M.P.; FANTINI, A.C.; ENDER, M.; BASSANI, A. Incremento corrente anual do palmitreiro (*Euterpe edulis*) na Floresta Ombrófila Densa. **Insula**, Florianópolis, v.19, p.51-56, 1991.

REIS, T. Zoneamento ambiental para a palmeira juçara com foco na produção de frutos: potencialidades para a agricultura familiar. 2012. **Dissertação de Mestrado** Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis - SC. P. 111, 2012.

REITZ, R. (Ed.). **Flora ilustrada catarinense**. Itajaí: Herbário Barbosa Rodrigues, 1974.

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

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

RESENDE, M. D. V. de; FERNANDES, J. S. C. Procedimento BLUP individual para delineamentos experimentais aplicados ao melhoramento florestal. **Revista de Matemática e Estatística**, São Paulo, v. 17, p. 89-107, 1999.

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

RESENDE, M.D.V. de; HIGA, A.R. Maximização da eficiência da seleção em testes de progênies de *Eucalyptus* através da utilização de todos os efeitos do modelo matemático. **Boletim de Pesquisa Florestal**, Colombo, n. 28/29, p. 37-55, jan./dez. 1994.

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

RIDLEY, M. **Evolução**. 3. ed. Porto Alegre: Artmed, 2006. 104p.

RITLAND, K.; JAIN, S.K. A model for the estimation of outcrossing rate and gene frequencies using independent loci. **Heredity**, v.47, p.35-52, 1981.

ROBINSON, I. P. **Aloenzimas na genética de populações de plantas**. In: ALFENAS, A. C. (Ed.). Eletroforese de isoenzimas e proteínas afins: fundamentos e aplicações em plantas e microorganismos. Viçosa: UFV, 1998. p.329-380.

ROGEZ, H. **Açaí: Preparo, composição e melhoramento da conservação**. Belém: EDUFPA, p. 313, 2000.

SENRA, J.F.B.; DALVI, N.B.C.; OLIVEIRA, W.B.S.; FERREIRA, M.F.S.; FERREIRA, A.. Avaliação da divergência genética de uma amostra de dez árvores de palmito juçara (*Euterpe edulis* Mart.) com base no polimorfismo dos frutos. In: XV Encontro Latino Americano de Iniciação Científica, XI Encontro Latino Americano de Pós-Graduação e V Encontro Latino Americano de Iniciação Científica Júnior. **Anais...**, 2011, São José dos Campos.

SEOANE, C.E. S. **Efeitos da Fragmentação Florestal sobre a Genética de Populações de Guarantã**. Documentos (Embrapa Florestas. CD-Rom), v. 1, p. 159, 2007a.

SEOANE, C.E.S. Efeitos da fragmentação florestal sobre o sistema de reprodução e a imigração de sementes em remanescentes populacionais de *Euterpe edulis* Martius. **Documentos**, Colombo-PR, n. 152, out. 2007b.

SEOANE, C.E.S.; KAGEYAMA, P.Y.; RIBEIRO, A.; MATIAS, R.; REIS, M.S.; BAWA, K.S.; SEBBENN, A.M. Efeitos da fragmentação florestal sobre a imigração de sementes e a estrutura genética temporal de populações de *Euterpe edulis* Mart. **Revista do Instituto Florestal**, São Paulo, v. 17, n. 1, p. 24-43, 2005.

SHIMIZU, M.M.; MELO, G.A.; dos SANTOS, A.B.; BOTTCHER, A.; CESARINO, I.; ARAUJO, P; MOURA, J.C.M.S.; MAZZAFERA, P.L. Enzyme characterisation, isolation and cDNA cloning of polyphenol oxidase in the hearts of palm of three commercially important species. **Plant Physiology and Biochemistry**, Bari, v.49, p.970-977, 2011.

SILVA, D.M. Estrutura de tamanho e padrão espacial de uma população de *Euterpe edulis*, Mart. (Arecaceae) em Mata Mesófila Semidecídua no Município de Campinas, SP. **Dissertação de mestrado**, Universidade Estadual de Campinas, Campinas. 66F, 1991.

SILVA, J.Z.; REIS, M.S. Effects of different simulated management intensities on the genetic diversity of a heart-of-palm tree natural population (*Euterpe edulis* Martius). **Silvae Genética**, Göttingen, v. 59, n.5, p. 201-210, 2010.

SILVA, M. das G.C P.C., BARRETTO, W.S.; SERÔDIO, M.H. Caracterização Química da Polpa dos Frutos de Juçara e de Açaí. In XVIII CONGRESSO BRASILEIRO DE FRUTICULTURA. Florianópolis, Santa Catarina, 22 a 26 de novembro de 2004. **Anais...CD ROOM**, Florianópolis, SC, 2004.

SILVA, M.G.C.P.C.; MARTINI, A.M Z; ARAUJO, Q.R . Estrutura populacional de *Euterpe edulis* Martius no Sul da Bahia. **Revista Brasileira de Botânica (Impresso)**, v. 32, p. 393-403, 2009.

SILVA, P.P.M.; CARMO, L.F.; SILVA, G.M.; SILVEIRA-DINIZ, M.F.; CASEMIRO, R.C.; SPOTO, M.H.F. Physical, chemical, and lipid composition of juçara (*Euterpe edulis* mart.) pulp. **Alim. Nutr. = Braz. J. Food Nutr.**, Araraquara, v.24, n.1, p. 7-13, jan./mar. 2013.

STURION, J.A.; RESENDE, M.D.V.. Avaliação genética e análise de deviance em um teste desbalanceado de procedência e progênie de *Ilex paraguariensis* . **Pesquisa Florestal Brasileira**, Colombo, v. 30, n. 62, p. 157-160, mai./jul. 2010. doi: 10.4336/2010.pfb.30.62.157

TOUFEKTSIAN M.C.; DE LORGERIL, M.; NAGY, N.; SALEN, P.; DONATI, M.B.; GIORDANO, L.; MOCK, H.P.; PETEREK, S.; MATROS, A.; PETRONI, K.; PILU, R.; ROTILLO, D.; TONELLI, C.; LEIRIS, J. de; BOUCHER, F.; MARTIN, C.. Chronic dietary intake of plant-derived anthocyanins protects the rat heart against ischemia reperfusion injury, **Journal of Nutrition**, Cambridge, v. 138, n. 4, p. 747, 2008.

TSUKAMOTO FILHO, A.A.; MACEDO, R.L.G.; MORAIS, A.R.; VENTURIN, N. . Aspectos fisiológicos e silviculturais do palmitero (*Euterpe edulis* Martius) plantado em diferentes tipos de consórcios no município de Lavras, Minas Gerais. **Revista Cerne**, Lavras, v. 7, p. 54-68, 2001.

UNIVERSIDADE ESTADUAL DE CAMPINAS. Núcleo de Estudos e Pesquisas em Alimentação. **Tabela brasileira de composição de alimentos**. 2. ed. Campinas, SP, 2006. Versão II. Disponível em: [http://www.unicamp.br/nepa/taco/contar/taco\\_versao2.pdf](http://www.unicamp.br/nepa/taco/contar/taco_versao2.pdf). Acesso em: 29 nov. 2017.

WENDT, T.; CRUZ, D.D.; DEMUNER, V.G.; GUILHERME, F.A.G.; BOUDET-FERNANDES, H. An evaluation of the species boundaries of two putative taxonomic entities of *Euterpe* (Arecaceae) based on reproductive and morphological features. **Flora: morphology, distribution, functional ecology of plants**, London, v. 206, n. 2, p. 144-150, Feb. 2011.

XIA, M.; LING, W.; ZHU, H.; MA, J.; WANG, Q.; HOU, M.; TANG, Z.; GUO, H.; LIU, C.; YE, Q.. Anthocyanin attenuates CD40-mediated endothelial cell activation and apoptosis by inhibiting CD40-induced MAPK activation, **Atherosclerosis**, (UK) 202, n. 1, p. 41-47, 2009. DOI: 10.1016/j.atherosclerosis.2008.04.005.

**ANEXOS**



Ministério do Meio Ambiente - MMA  
 Instituto Chico Mendes de Conservação da Biodiversidade - ICMBio  
 Sistema de Autorização e Informação em Biodiversidade - SISBIO

### Autorização para atividades com finalidade científica

<b>Número: 44327-1</b>	<b>Data da Emissão: 21/07/2014 10:26</b>	<b>Data para Revalidação*: 20/08/2015</b>
* De acordo com o art. 33 da IN 154/2009, esta autorização tem prazo de validade equivalente ao previsto no cronograma de atividades do projeto, mas deverá ser revalidada anualmente mediante a apresentação do relatório de atividades a ser enviado por meio do Sisbio no prazo de até 30 dias a contar da data do aniversário de sua emissão.		

#### Dados do titular

Nome: Pedro Mazzocco Pereira	CPF: 112.457.287-25
Título do Projeto: Variabilidade Fenotípica e genética de populações de <i>Euterpe edulis</i> no estado do Espírito Santo	
Nome da Instituição : UNIVERSIDADE FEDERAL DO ESPÍRITO SANTO	CNPJ: 32.479.123/0001-43

#### Cronograma de atividades

#	Descrição da atividade	Início (mês/ano)	Fim (mês/ano)
1	Coleta de Frutos, flores e folhas de <i>Euterpe edulis</i>	08/2014	08/2017

#### Observações e ressalvas

1	As atividades de campo exercidas por pessoa natural ou jurídica estrangeira, em todo o território nacional, que impliquem o deslocamento de recursos humanos e materiais, tendo por objeto coletar dados, materiais, espécimes biológicos e minerais, peças integrantes da cultura nativa e cultura popular, presente e passada, obtidos por meio de recursos e técnicas que se destinem ao estudo, à difusão ou à pesquisa, estão sujeitas a autorização do Ministério de Ciência e Tecnologia.
2	Esta autorização NÃO exime o pesquisador titular e os membros de sua equipe da necessidade de obter as anuências previstas em outros instrumentos legais, bem como do consentimento do responsável pela área, pública ou privada, onde será realizada a atividade, inclusive do órgão gestor de terra indígena (FUNAI), da unidade de conservação estadual, distrital ou municipal, ou do proprietário, arrendatário, posseiro ou morador de área dentro dos limites de unidade de conservação federal cujo processo de regularização fundiária encontra-se em curso.
3	Este documento somente poderá ser utilizado para os fins previstos na Instrução Normativa IBAMA nº 154/2007 ou na Instrução Normativa ICMBio nº 10/2010, no que especifica esta Autorização, não podendo ser utilizado para fins comerciais, industriais ou esportivos. O material biológico coletado deverá ser utilizado para atividades científicas ou didáticas no âmbito do ensino superior.
4	A autorização para envio ao exterior de material biológico não consignado deverá ser requerida por meio do endereço eletrônico <a href="http://www.ibama.gov.br">www.ibama.gov.br</a> (Serviços on-line - Licença para importação ou exportação de flora e fauna - CITES e não CITES).
5	O titular de licença ou autorização e os membros da sua equipe deverão optar por métodos de coleta e instrumentos de captura direcionados, sempre que possível, ao grupo taxonômico de interesse, evitando a morte ou dano significativo a outros grupos; e empregar esforço de coleta ou captura que não comprometa a viabilidade de populações do grupo taxonômico de interesse em condição in situ.
6	O titular de autorização ou de licença permanente, assim como os membros de sua equipe, quando da violação da legislação vigente, ou quando da inadequação, omissão ou falsa descrição de informações relevantes que subsidiaram a expedição do ato, poderá, mediante decisão motivada, ter a autorização ou licença suspensa ou revogada pelo ICMBio e o material biológico coletado apreendido nos termos da legislação brasileira em vigor.
7	Este documento não dispensa o cumprimento da legislação que dispõe sobre acesso a componente do patrimônio genético existente no território nacional, na plataforma continental e na zona econômica exclusiva, ou ao conhecimento tradicional associado ao patrimônio genético, para fins de pesquisa científica, bioprospeção e desenvolvimento tecnológico. Veja maiores informações em <a href="http://www.mma.gov.br/cgen">www.mma.gov.br/cgen</a> .
8	Em caso de pesquisa em UNIDADE DE CONSERVAÇÃO, o pesquisador titular desta autorização deverá contactar a administração da unidade a fim de CONFIRMAR AS DATAS das expedições, as condições para realização das coletas e de uso da infra-estrutura da unidade.

#### Outras ressalvas

1	1. Em relação ao Parque Nacional do Caparaó (PNC), essa Autorização não se presta à utilização de indivíduos de <i>Euterpe edulis</i> como matrizes. 2. Eventualmente os materiais e equipamentos poderão ser vistoriados por servidor do PNC. 3. Publicações oriundas do estudo deverão ser remetidas para o PNC, inclusive em meio digital sempre que possível. 4. Solicita-se a disponibilização de imagens registradas no PNC a fim de serem utilizadas em atividades do Parque, garantindo-se a indicação da autoria na veiculação.
---	--

#### Locais onde as atividades de campo serão executadas

#	Município	UF	Descrição do local	Tipo
1		ES	RESERVA BIOLÓGICA AUGUSTO RUSCHI	UC Federal
2		ES	PARQUE NACIONAL DE CAPARAÓ	UC Federal
3	DOMINGOS MARTINS	ES	Circuito da Estrada do Chapéu	Fora de UC Federal
4	SOORETAMA	ES	Reserva Natural da Vale	Fora de UC Federal

#### Atividades X Táxons

Este documento (Autorização para atividades com finalidade científica) foi expedido com base na Instrução Normativa nº154/2007. Através do código de autenticação abaixo, qualquer cidadão poderá verificar a autenticidade ou regularidade deste documento, por meio da página do Sisbio/ICMBio na Internet ([www.icmbio.gov.br/sisbio](http://www.icmbio.gov.br/sisbio)).

**Código de autenticação: 17151456**



APÊNDICE A – Dados georeferenciados e a altitude de 102 genótipos de *Euterpe edulis* pelo GPS em oito fragmentos florestais. ¶

Regiões	Fragmento florestal	Identificação	Ponto de GPS		Altitude (m)
			Latitude	Longitude	
Região Centro-Serrana do Estado do Espírito Santo (F1DM)	1º Fragmento florestal - Reserva Legal em Domingo Martins.	G1F1DM	S20°19'52.3"	W040°41'34.2"	650
		G2F1DM	S20°19'57.9"	W040°41'30.8"	676
		G3F1DM	S20°19'51.4"	W040°41'31.8"	706
		G4F1DM	S20°20'02.7"	W040°41'27.0"	725
		G5F1DM	S20°20'02.3"	W040°41'27.6"	733
		G6F1DM	S20°20'02.7"	W040°41'27.5"	730
		G7F1DM	S20°20'01.9"	W040°41'27.2"	734
		G8F1DM	S20°20'02.3"	W040°41'27.0"	735
		G9F1DM	S20°20'02.1"	W040°41'27.4"	731
		G10F1DM	S20°19'52.0"	W040°41'33.0"	694
		G11F1DM	S20°19'51.6"	W040°41'31.9"	706
Região Centro-Serrana do Estado do Espírito Santo (F2DM)	2º Fragmento florestal - Reserva Legal em Domingo Martins.	G1F2 DM	S20°20'44.0"	W040°40'37.5"	698
		G2F2 DM	S20°20'39.4"	W040°40'37.8"	742
		G3F2 DM	S20°20'40.0"	W040°40'38.3"	739
		G4F2 DM	S20°20'39.5"	W040°40'37.1"	739
		G5F2 DM	S20°20'40.2"	W040°40'37.1"	744
		G6F2 DM	S20°20'44.0"	W040°40'40.0"	734
		G7F2 DM	S20°20'45.3"	w040°40'39.0"	709
		G8F2 DM	S20°20'45.1"	W040°40'38.6"	713
		G9F2 DM	S20°20'46.4"	W040°40'39.6"	715
		G10F2 DM	S20°20'46.2"	W040°40'41.0"	739
Região Centro-Serrana do Estado do Espírito Santo (F1SL)	1º Fragmento Florestal - Estação Biológica de Santa Lúcia em Santa Tereza ( <i>E. edulis</i> ).	G1F1SL	S19°58'07.5"	W040°32'14.9"	720
		G2F1SL	S19°58'07.5"	W040°32'14.5"	721
		G3F1SL	S19°58'11.3"	W040°32'15.5"	744
		G4F1SL	S 19°58'13.7"	W040°32'13.9"	749
		G5F1SL	S19°58'13.6"	W040°32'13.6"	747
		G6F1SL	S19°58'09.8"	W040°32'15.7"	728
		G7F1SL	S19°58'10.3"	W040°32'15.8"	735
		G8F1SL	S19°58'11.2"	W040°32'15.9"	742
		G9F1SL	S19°58'10.8"	W040°32'14.4"	743
		G10F1SL	S19°58'10.8"	W040°32'14.5"	721
		G11F1SL	S19°58'09.4"	W040°32'14.9"	721
Região Centro-Serrana do Estado do	2º Fragmento Florestal - Estação Biológica de Santa Lúcia em Santa Tereza ( <i>E. edulis</i> ).	G1F2	S19°57'59.6"	W040°32'12.2"	655
		G2F2	S19°57'58.8"	W040°32'11.9"	651
		G3F2	S19°57'59.4"	W040°32'03.5"	685

Regiões	Fragmento florestal	Identificação	Ponto de GPS		Altitude (m)
Espírito Santo (F2SL)		G4F2	S19° 58'0.696"	W40° 32'12.8"	659
		G5F2	S19°58'3.360"	W40°32'09.60"	687
		G6F2	S19°56'29.400 "	W40°34' 37.5"	661
		G7F2	S19°58'7.63"	W40°31' 52.8"	662
		G8F2	S19°58'5.05"	W40°31'7.8"	654
		G9F2	S19°58'2.47"	W40°32'2.04"	672
		G10F2	S19°58'2.63"	W40°32'1.80"	677
Região Centro-Serrana do Estado do Espírito Santo (F3SL)	3° Fragmento Florestal - Estação Biológica de Santa Lúcia em Santa Tereza (E. <i>Espiritosantesis</i> ).	G1F2SL	S19°58'00.6"	W040°32'12.0"	669
		G2F2SL	S19°58'00.9"	W040°32'12.2"	671
		G3F2SL	S19°58'04.8"	W040°31'51.6"	755
		G4F2SL	S19°58'04.9"	W040°31'50.9"	732
		G5F2SL	S19°58'04.9"	W040°31'50.8"	735
		G6F2SL	S19°58'05.1"	W040°31'51.4"	731
		G7F2SL	S19°57'57.9"	W040°31'50.2"	835
		G8F2SL	S19°57'56.1"	W040°31'51.8"	839
		G9F2SL	S19°57'56.2"	W040°31'52.0"	859
		G10F2SL	S19°57'53.9"	W040°31'53.4"	880
		G11F2SL	S19°58'1.200"	W40°32'11.7"	649
		G12F2SL	S19° 58'1.920"	W40° 32'3.1"	659
		G13F2SL	S19°57'59.04"	W40°32'2.7"	679
		G14F2SL	S19°58'0.840"	W40° 32'11.7"	658
		G15F2SL	S19°57'59.760 "	W40° 32'11.0"	649
		G16F2SL	S19° 57'59.760"	W40° 32'11.0"	649
		G17F2SL	S19° 58'1.560"	W40° 32' 2.4"	661
G18F2SL	S19° 58'2.280"	W40° 32'3.1"	658		
G19F2SL	S19°58'0.480"	W40°32'4.9"	656		
G20F2SL	S19°57'56.62"	W40°32'16.66"	676		
G21F2SL	S19°58'7.94"	W40°31'53.12"	682		
G22F2SL	S19°58'6.40"	W40°31'53.18"	672		
Região Nordeste do Estado do Espírito Santo (F1V)	1° Fragmento Florestal - Reserva Natural Vale em Linhares.	G1F1V	S19°09'32.6"	W040°03'37.2"	72
		G2F1V	S19°09'28.9"	W040°03'40.8"	75
		G3F1V	S 19°09'44.5"	W040°03'37.8"	71
		G4F1V	S19°09'31.4"	W040°03'37.9"	65
		G5F1V	S19°09'31.1"	W040°03'37.4"	58
		G6F1V	S19°09'31.6"	W040°03'37.0"	50
		G7F1V	S19°09'31.8"	W040°03'36.8"	54
		G8F1V	S19°09'32.1"	W040°03'36.1"	51
		G9F1V	S19°09'31.3"	W040°03'36.2"	53

Regiões	Fragmento florestal	Identificação	Ponto de GPS		Altitude (m)
		G10F1V	S19°09'31.2"	W040°03'36.0"	50
Região Nordeste do Estado do Espírito Santo (F2V)	2° Fragmento Florestal - Reserva Natural Vale em Linhares.	G2F2V	S19°10.599'	W040°02.121'	32
		G3F2V	S19°10.585'	W040°02.104'	21
		G4F2V	S19°10.522'	W040°02.045'	24
		G5F2V	S19°10.528'	W040°02.047'	10
		G6F2V	S19°10.567'	W040°02.202'	37
		G7F2V	S19°10.518'	W040°02.041'	34
		G8F2V	S19°10.632'	W040°01.852'	46
		G9F2V	S19°10.663'	W040°01.831'	40
Norte do Estado do Espírito Santo (F1CV)	1° Fragmento Florestal - Reserva Natural do Córrego do Veado em Pinheiros Região.	G1F1CV	S18° 22,30.8"	W040°09'39.8"	72
		G2F1CV	S18°22'30.1"	W040°09'39.8"	73
		G3F1CV	S18°22'30.8"	W040°09'40.4"	73
		G4F1CV	S18°22'31.6"	W040°09'41.1"	76
		G5F1CV	S18°22'31.0"	W040°09'38.8"	83
		G6F1CV	S18°22'31.7"	W040°09'42.8"	77
		G7F1CV	S18°22'31.7"	W040°09'41.5"	76
		G8F1CV	S18°22'31.0"	W040°09'41.1"	74
		G9F1CV	S18°22'31.6"	W040°09'40.9"	72
		G10F1CV	S18°22'30.7"	W040°09'39.9"	71
		G11F1CV	S18°22'30.7"	W040°09'39.5"	75
Região Norte do Estado do Espírito Santo (F2CV)	2° Fragmento Florestal - Reserva Natural do Córrego do Veado em Pinheiros.	G1F2CV	S18°22'31.4"	W040°09'41.4"	72
		G2F2CV	S18°22'31.0"	W040°09'41.5"	76
		G3F2CV	S18°22'31.0"	W040°09'41.5"	75
		G4F2CV	S18°22'30.8"	W040°09'39.8"	75
		G6F2CV	S18°22.510'	W040°09.647'	82
		G7F2CV	S18°22'30.6"	W040°09'39.1"	68
		G8F2CV	S18°22'31.2"	W040°09'39.8"	77
		G9F2CV	S18°22'32.0"	W040°09'41.0"	75
		G10F2CV (filho)	S18°22'31.7"	W040°09'42.7"	78

APENDICE B – Cálculos de estimativas dos parâmetros genéticos para o modelo misto 63 usado no programa SELEGEM – REML/BLUP são:

:

$$\hat{\sigma}_f^2 = \hat{\sigma}_p^2 + \hat{\sigma}_e^2$$

$$\hat{r} = \frac{\hat{\sigma}_p^2}{\hat{\sigma}_f^2}$$

$$\hat{r}_{\hat{p}p}^2 = \left( \frac{1}{1 + \frac{\hat{\sigma}_e^2}{m\hat{\sigma}_p^2}} \right)$$

$$\hat{r}_{\hat{p}p} = \left( \frac{1}{1 + \frac{\hat{\sigma}_e^2}{m\hat{\sigma}_p^2}} \right)^{\frac{1}{2}}$$

em que:

$\hat{\sigma}_e^2$  = Estimativa da variância residual;

$\hat{\sigma}_p^2$  = Estimativa da variância fenotípica permanente;

$\hat{\sigma}_f^2$  = Estimativa da variância fenotípica;

$\hat{r}$  = Repetibilidade ou herdabilidade individual;

$m$  = Número de medições realizadas;

$\hat{r}_{\hat{p}p}^2$  = Repetibilidade da média de  $m$  medidas de frutos;

$\hat{r}_{\hat{p}p}$  = Acurácia.

APÊNDICE C - Cálculos de estimativas de parâmetros usados no Modelo 20 usado no programa SELEGEM – REML/BLUP são:

$$\hat{\sigma}_f^2 = \hat{\sigma}_g^2 + \hat{\sigma}_e^2$$

$$\hat{h}_g^2 = \frac{\hat{\sigma}_g^2}{\hat{\sigma}_f^2}$$

$$CV_g(\%) = \frac{\sqrt{\hat{\sigma}_g^2}}{\hat{\mu}} 100$$

$$CV_e(\%) = \frac{\sqrt{\hat{\sigma}_e^2}}{\hat{\mu}} 100$$

$$CV_r = \frac{\sqrt{\hat{\sigma}_g^2}}{\sqrt{\hat{\sigma}_e^2}}$$

em que:

$\sigma_e^2$  = Estimativa da variância residual;

$\sigma_g^2$  = Estimativa da variância genotípica;

$\sigma_f^2$  = Estimativa da variância fenotípica;

$h_g^2$  = Herdabilidade individual de parcelas individuais no sentido amplo;

$r$  = Número de repetições utilizadas;

$h_{mc}^2$  = Herdabilidade da média de genótipos;

$Ac_{sg}$  = Acurácia da seleção de genótipos;

$\mu$  = Estimativa da média geral;

$CV_g(\%)$  = Coeficiente de variação genotípico;

$CV_e(\%)$  = Coeficiente de variação experimental;

$CV_r$  = Coeficiente de variação relativa.