



UNIVERSIDADE FEDERAL DO ESPÍRITO SANTO
CENTRO DE CIÊNCIAS AGRÁRIAS E ENGENHARIAS
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM CIÊNCIAS FLORESTAIS

MARCELLO ZATTA PÉRES

Parâmetros genéticos e caracterização do crescimento inicial de
Euterpe edulis

JERÔNIMO MONTEIRO - ES

2022

MARCELLO ZATTA PÉRES

Parâmetros genéticos e caracterização do crescimento inicial de
Euterpe edulis

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Ciências Florestais do Centro de Ciências Agrárias e Engenharias, da Universidade Federal do Espírito Santo, como parte das exigências para obtenção do Título de Mestre em Ciências Florestais na Área de Concentração Ciências Florestais.

Orientador: Prof. Dr. Rodrigo Sobreira Alexandre
Coorientadores: Prof. Dr. Adésio Ferreira;
Prof. Dr. José Carlos Lopes.

JERÔNIMO MONTEIRO - ES

2022

Ficha catalográfica disponibilizada pelo Sistema Integrado de Bibliotecas - SIBI/UFES e elaborada pelo autor

P434p Péres, Marcello Zatta, 1996-
Parâmetros genéticos e caracterização do crescimento inicial de *Euterpe edulis* / Marcello Zatta Péres. - 2022.
85 f.

Orientador: Rodrigo Sobreira Alexandre.
Coorientadores: Adésio Ferreira, José Carlos Lopes.
Dissertação (Mestrado em Ciências Florestais) - Universidade Federal do Espírito Santo, Centro de Ciências Agrárias e Engenharias.

1. *Euterpe edulis*. 2. Sementes Florestais. 3. Crescimento inicial. 4. Melhoramento vegetal. 5. Modelagem. 6. Fluorescência da clorofila. I. Alexandre, Rodrigo Sobreira. II. Ferreira, Adésio. III. Lopes, José Carlos. IV. Universidade Federal do Espírito Santo. Centro de Ciências Agrárias e Engenharias. V. Título.

CDU: 630

**PARÂMETROS GENÉTICOS E CARACTERIZAÇÃO DO CRESCIMENTO
INICIAL DE *Euterpe edulis***

Marcello Zatta Péres

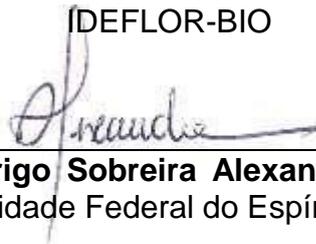
Dissertação apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Ciências Florestais do Centro de Ciências Agrárias e Engenharias da Universidade Federal do Espírito Santo, como parte das exigências para obtenção do Título de Mestre em Ciências Florestais na Área de Concentração Ciências Florestais.

Aprovada em 25 de fevereiro de 2022.

Prof^a. Dr^a. Marcia Flores da Silva Ferreira (Examinadora externa)
Universidade Federal do Espírito Santo



Dr. Wagner Bastos dos Santos Oliveira (Examinador externo)
IDEFLOR-BIO



Prof. Dr. Rodrigo Sobreira Alexandre (Orientador)
Universidade Federal do Espírito Santo



UNIVERSIDADE FEDERAL DO ESPÍRITO SANTO

PROTOCOLO DE ASSINATURA



O documento acima foi assinado digitalmente com senha eletrônica através do Protocolo Web, conforme Portaria UFES nº 1.269 de 30/08/2018, por
RODRIGO SOBREIRA ALEXANDRE - SIAPE 1569540
Departamento de Ciências Florestais e da Madeira - DCFM/CCAE
Em 03/03/2022 às 16:10

Para verificar as assinaturas e visualizar o documento original acesse o link:
<https://api.lepisma.ufes.br/arquivos-assinados/369981?tipoArquivo=O>



UNIVERSIDADE FEDERAL DO ESPÍRITO SANTO

PROTOCOLO DE ASSINATURA



O documento acima foi assinado digitalmente com senha eletrônica através do Protocolo Web, conforme Portaria UFES nº 1.269 de 30/08/2018, por
MARCIA FLORES DA SILVA FERREIRA - SIAPE 1615391
Departamento de Agronomia - DA/CCAE
Em 07/03/2022 às 12:59

Para verificar as assinaturas e visualizar o documento original acesse o link:
<https://api.lepisma.ufes.br/arquivos-assinados/371791?tipoArquivo=O>

Dedicatória

*A minha família, amigos e
a Jéssica, minha base,
Dedico este trabalho.*

Agradecimentos

Em primeiro lugar à Deus, por ter me guiado até aqui, sempre colocando as pessoas certas no meu caminho.

Aos meus pais, Rosalina de Fátima Zatta e Gil Ribeiro Littike Péres, por todo apoio psicológico, moldando meu caráter, principalmente nestes tempos pandêmicos.

À minha amada Jéssica Tetzner de Oliveira por ter sido minha aliada em todas as análises realizadas, atuando como meu braço direito e esquerdo também, sempre presente para a ajudar.

Aos meus amigos de escola e infância, de faculdade e de pós-graduação, em especial ao Robert Gomes e aos moradores da República Fazenda No\$\$a, na graduação, e República Amarelinha, no mestrado.

Ao Guilherme Bravim Canal por toda ajuda nas coletas e análises estatísticas, e parceria com o juçara durante vários anos, desde a minha graduação.

Ao Otávio, funcionário do Viveiro Florestal Universitário (DCFM/UFES), por toda ajuda na montagem do experimento.

A todas as pessoas envolvidas, direta ou indiretamente neste projeto, que disponibilizaram várias horas no campo. Sem um grupo, e força tarefa, este trabalho não teria sido realizado.

Ao meu orientador Rodrigo Sobreira Alexandre, e aos professores Adésio Ferreira e Marcia Flores da Silva Ferreira, pelo apoio e orientação, e ainda pela compreensão e compromisso na realização do projeto.

Às empresas Bonaloti[®] e Açai Juçara[®] pelo apoio à pesquisa, sempre de porteira aberta para a universidade, e disponibilização de seus funcionários para compor um grupo de trabalho.

À Universidade Federal do Espírito Santo - UFES, em conjunto aos órgãos financiadores de pesquisa (VALE, CNPq e FAPES), pelo fomento à pesquisa de todas as pessoas participantes deste projeto.

O presente trabalho foi realizado com apoio da Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior - Brasil (CAPES) - Código de Financiamento 001.

Biografia

Marcello Zatta Péres, filho de Rosalina de Fátima Zatta e Gil Ribeiro Péres, nasceu na cidade de Vitória - ES, no dia 29 de maio de 1996.

Concluiu o Ensino Médio no Centro de Ensino Charles Darwin, localizado em Coqueiral de Aracruz, Aracruz - ES.

No ano de 2015, ingressou na Universidade Federal do Espírito Santo, campus Alegre, no curso de Engenharia Florestal, tendo concluído o mesmo no ano de 2020.

Em março de 2020, ingressou no Mestrado do Programa de Pós-Graduação em Ciências Florestais (PPGCFL), localizado no Departamento de Ciências Florestais e da Madeira (DCFM), em Jerônimo Monteiro - ES, da Universidade Federal do Espírito Santo. Atuando na área da Silvicultura, com a linha de pesquisa focada em Sementes e Cultura de Tecidos de Espécies Florestais, sob orientação do Professor Doutor Rodrigo Sobreira Alexandre.

“O sucesso é ir de fracasso em fracasso sem perder o entusiasmo”

Winston Churchill

RESUMO GERAL

PÉRES, Marcello Zatta. **Parâmetros genéticos e caracterização do crescimento inicial de *Euterpe edulis***. 2022. Dissertação (Mestrado em Ciências Florestais) - Universidade Federal do Espírito Santo, Jerônimo Monteiro, ES. Orientador: Prof. Dr. Rodrigo Sobreira Alexandre. Coorientadores: Prof. Dr. Adésio Ferreira e Prof. Dr. José Carlos Lopes.

O *Euterpe edulis* Mart., popularmente denominado palmeira juçara, é uma espécie com importante papel ecológico de produção de frutos na Floresta Atlântica. O manejo de seus frutos surge como forma de reduzir a pressão antrópica causada pela busca de seu palmito de elevado valor comercial, pois a espécie, com o corte de seu estipe, é incapaz de rebrotar. Objetivou-se, estudar a diversidade da espécie no estado do Espírito Santo e seu crescimento nos estágios iniciais, gerando informações para estudos de melhoramento e para produção de mudas. Os frutos foram coletados em oito municípios do estado no ponto de maturação dos frutos. Foram analisadas, em laboratório, as variáveis de diâmetro equatorial (DEF), massa fresca de frutos (MFF), massa fresca de sementes (MSS). E ainda foi realizada a extração do DNA genômico de 59 genótipos, a partir de amostras do córtex, com a genotipagem realizada por oito marcadores microssatélites codominantes específicos para a espécie. O experimento de emergência foi preparado em delineamento inteiramente casualizado (DIC), com quatro repetições de 25 sementes de 68 genótipos, totalizando 6800 sementes. Ocorridos 153 dias após a semeadura, foram avaliados: porcentagem de emergência (E), índice de velocidade de emergência (IVE), tempo médio de emergência (TME), altura da plântula (AP), e diâmetro à altura do coleto (DAC). Após estas avaliações, aproximadamente, 3100 plântulas foram transplantadas para tubetes de 280 cm³, com substrato: ¾ de Terra Nutri[®] + ¼ areia, e mantidas sob sombrite 50% e irrigação cinco vezes ao dia de 12 minutos por microaspersão, para análise do crescimento inicial da espécie. Neste período, foram realizadas análises aos 50, 100, 150 e 262 dias, de AP, DAC, massa seca da parte aérea (MSPA), massa seca de raiz (MSR), massa seca total (MST), índice de qualidade de Dickson (IQD), com 558 plântulas em cada período de avaliação. No 262º dia foram analisadas a fluorescência variável/fluorescência máxima (F_v/F_m), na maior folha de cada muda. Os caracteres biométricos de frutos e sementes (DEF, MFF, MFS) se apresentam como mais eficientes para distinção de genótipos de *E. edulis*, com os maiores valores de herdabilidade. Maiores r_g ocorreram entre os caracteres biométricos de frutos e sementes e entre os parâmetros de crescimento. A análise de trilha permitiu observar o forte efeito direto da variável AFT sobre o IQD (0,775), assim como o forte efeito indireto da AP sobre o DAC (0,867). O modelo de Gompertz se mostrou eficaz para explicar o comportamento da emergência da espécie, que apresentou emergência rápida nos primeiros dias, estabilizando a taxa de emergência absoluta aos 53 dias. Foi constatada uma emergência média de 45%, com matrizes apresentando valores próximos de 100%. Para todas as características de crescimento, foi observado um crescimento baixo até o dia 200, apresentando uma alta considerável até o dia 262 após o transplantio. Os resultados demonstram uma grande variabilidade entre os indivíduos da população de estudo e o potencial da população em ofertar sementes para a propagação de mudas de maior qualidade.

Palavras-chave: *Euterpe edulis*, emergência, parâmetros genéticos, diversidade, qualidade de mudas.

GENERAL ABSTRACT

PÉRES, Marcello Zatta. **Genetic parameters and characterization of the initial growth of *Euterpe edulis***. 2022. Dissertation (Master's degree in Forest Sciences) - Federal University of Espírito Santo, Jerônimo Monteiro, ES. Advisor: Prof. Dr. Rodrigo Sobreira Alexandre. Co-advisors: Prof. Dr. Adésio Ferreira and Prof. Dr. José Carlos Lopes.

Euterpe edulis Mart., popularly called juçara palm, is a species with an important ecological role in fruit production in the Atlantic Forest. The management of its fruits appears as a way to reduce the anthropic pressure caused by the search for its palm heart of high commercial value, since the species, with the cut of its stem, is unable to sprout. The objective of this study was to analyze the diversity of the species in the state of Espírito Santo and analyze its growth in the early stages, generating information for breeding studies and for seedling production. The fruits were collected in eight municipalities in the state at the point of fruit maturation. The variables of equatorial diameter (DEF), fresh fruit mass (MFF), fresh seed mass (MSS) was analyzed in the laboratory. The genomic DNA of 58 genotypes was extracted from samples of the cortex, with genotyping performed by eight species-specific codominant microsatellite markers. The emergence experiment was prepared in a completely randomized design (DIC), with four replications of 25 seeds of 68 genotypes, totaling 6800 seeds. At 153 days after sowing, the following were evaluated: percentage of emergence (E), emergence speed index (IVE), emergence rate (TME), seedling height (AP), and diameter at stem height (DAC). After these evaluations, approximately 3100 seedlings were transplanted into 280 cm³ tubes, with substrate: $\frac{3}{4}$ of Terra Nutri® + $\frac{1}{4}$ sand, and kept under 50% shade and irrigation five times a day for 12 minutes by micro sprinkler, for growth analysis. species start. In this period, analyzes were carried out at 50, 100, 150 and 262 days, of AP, DAC, shoot dry mass (MSPA), root dry mass (MSR), total dry mass (MST), Dickson quality index (IQD), with 558 seedlings in each evaluation period. On the 262nd day, the variable fluorescence/maximum fluorescence (F_v/F_m) in the largest leaf of each seedling was analyzed. The biometric characters of fruits and seeds (DEF, MFF, MFS) are the most efficient for distinguishing *E. edulis* genotypes, with the highest heritability values. Higher rg occurred among the biometric characters of fruits and seeds and among the growth parameters. The path analysis allowed us to observe the strong direct effect of the AFT variable on the IQD (0.775), as well as the strong indirect effect of the PA on the DAC (0.867). The Gompertz model proved to be effective in explaining the emergence behavior of the species, which presented rapid emergence in the first days, stabilizing the absolute emergence rate at 53 days. An average emergence of 45% was found, with matrices presenting values close to 100%. For all growth traits, low growth was observed until day 200, with a considerable increase until day 262 after transplanting. The results demonstrate a great variability among the individuals of the study population and the potential of the population to offer seeds for the propagation of seedlings.

Keywords: *Euterpe edulis*, emergence, genetic parameters, diversity, seedling quality.

SUMÁRIO

1. INTRODUÇÃO GERAL	16
2. OBJETIVO GERAL	17
3. OBJETIVOS ESPECÍFICOS.....	17
4. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	19
5. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA	21
5.1 Floresta Atlântica e sua conservação	21
5.2 <i>Euterpe edulis</i> Martius.....	22
5.3 Germinação/Emergência do <i>E. edulis</i>	24
5.4 Produção de mudas de <i>E. edulis</i>	25
5.5 Importância econômica do <i>Euterpe edulis</i>	26
5.6 Modelos de regressão não linear.....	27
6. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	28
Capítulo 1.....	32
1. INTRODUÇÃO	34
2. MATERIAL E MÉTODOS	35
2.1 Material vegetal	35
2.2 Condução experimental	36
2.3 Fenotipagem.....	37
2.4 Genotipagem via marcador microsatélite.....	37
2.5 Análises estatísticas.....	37
3. RESULTADOS	39
3.1 Parâmetros genéticos.....	39
3.2 Correlação genética e fenotípica	40
3.3 Análise de trilha	42
3.4 Análise de diversidade.....	43
4. DISCUSSÕES	45
4.1 Parâmetros genéticos.....	45
4.2 Correlação genética e fenotípica	47
4.3 Análise de trilha	49
4.4 Análise de diversidade.....	50
5. CONCLUSÕES.....	52
6. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	53

	Capítulo 2	58
1. INTRODUÇÃO		60
2. MATERIAL E MÉTODOS		61
2.1 Local de coleta		61
2.2. Material vegetal		62
2.3 Emergência e caracterização de plântulas		62
2.4 Análise do crescimento das mudas		63
2.5 Análises estatísticas		66
3. RESULTADOS E DISCUSSÕES		67
4. CONCLUSÕES		80
5. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS		81

LISTA DE TABELAS

- Tabela 1.1.** Estimativas de componentes de variância e parâmetros genéticos em população de procedência de *Euterpe edulis*, por modelos de característica única, para: diâmetro equatorial do fruto (DEF) (mm), massa fresca do frutos (MFF) e semente (MFS) (g), índice de velocidade de emergência (IVE), tempo médio de emergência (TME), porcentagem de emergência (E), massa seca da parte aérea (MSPA) (g), massa seca total (MST) (g), índice de qualidade de Dickson (IQD), área foliar total (AFT) (cm²), diâmetro a altura do coleto (DAC) (mm), altura da planta (AP) (cm) e fluorescência variável/fluorescência máxima (F_v/F_m).39
- Tabela 2.1.** Modelos de regressão não lineares. Onde y é a variável resposta emergência, ϕ_1 é a resposta assintótica ou máxima, ϕ_2 é uma constante de integração sem interpretação biológica definida e ϕ_3 corresponde a taxa média de crescimento relativo ao ponto de inflexão da curva, que pode ser interpretado como a velocidade em que a emergência se aproxima do seu patamar final; t é o tempo em dias.66
- Tabela 2.2.** Estimativas dos parâmetros (ϕ_1, ϕ_2, ϕ_3), Critério de Informação de Akaike (AIC), Critério de Informação Bayesiano (BIC) e o coeficiente de determinação (R^2), de acordo com os modelos testados.....67
- Tabela 2.3.** Valores de média (\bar{x}) e desvio padrão (σ), para altura de plântula (AP) (cm); diâmetro à altura do coleto (DAC) (mm); área foliar (cm²); massa seca total (MST) (g); e o índice de qualidade de Dickson (IQD) de mudas de *Euterpe edulis*.....72

LISTA DE FIGURAS

- Figura 1.1.** Distribuição geográfica do *Euterpe edulis* Mart. nos estados brasileiros com ocorrência confirmadas (LEITMAN et al., 2015).22
- Figura 1.2.** Ilustração botânica da palmeira juçara (*Euterpe edulis* Mart.), com destaque para sua folha, botão floral, flor, inflorescência, infrutescência, fruto, plântula e muda (CARNEIRO, 2012).23
- Figura 1.1.** Localização geográfica das matrizes amostradas de *Euterpe edulis*. Mapa gerado com software de ambiente livre R.36
- Figura 1.2.** Correlação fenotípica (r_f) (A) e genética (r_g) (B) entre as características. Na diagonal superior está apresentada a significância e a correlação graficamente, enquanto na diagonal inferior está apresentada a correlação de forma numérica para as características, sendo elas: diâmetro equatorial do fruto (DEF) (mm), massa fresca do frutos (MFF) e semente (MFS) (g), índice de velocidade de emergência (IVE), tempo médio de emergência (TME), porcentagem de emergência (E), massa seca da parte aérea (MSPA) (g), massa seca total (MST) (g), índice de qualidade de Dickson (IQD), área foliar total (AFT) (cm²), diâmetro a altura do coleto (DAC) (mm), altura da planta (AP) (cm) e fluorescência variável/fluorescência máxima (F_v/F_m).41
- Figura 1.3.** Análise de trilha entre as características diâmetro equatorial do fruto (DEF) (mm), índice de velocidade de emergência (IVE), tempo médio de emergência (TME), índice de qualidade de Dickson (IQD), área foliar total (AFT) (cm²), diâmetro a altura do coleto (DAC) (mm), altura da planta (AP) (cm) e fluorescência variável/fluorescência máxima (F_v/F_m). Coeficiente de determinação (R^2) = 83,45%; efeito da variável residual (EVR) = 0,4067.....42
- Figura 1.4.** Dendrogramas gerados com base nos valores de dissimilaridade, com os valores genotípicos (A) e moleculares (B), obtidos pelo método da Distância Euclidiana Média Padronizada (DEMP) e pelo índice não ponderado (INP), respectivamente. Ambos agrupamentos gerados pelo método de ligação média entre grupos (UPGMA) e ponto de corte com $k=1,25$44
- Figura 1.5.** Dendrogramas gerados com base nos valores de dissimilaridade médio das matrizes de distância individuais genotípica e molecular, obtidas pelo método da Distância Euclidiana Média Padronizada (DEMP) e pelo índice não ponderado (INP), respectivamente. O agrupamento foi gerado pelo método de ligação média entre

grupos (UPGMA) e o ponto de corte determinado segundo Mojena (MOJENA, 1977) com $k=1,25$.	45
Figura 2.1. Coordenadas geográficas das matrizes localizadas em oito municípios do estado do Espírito Santo.	61
Figura 2.2. Disposição das bandejas de isopor (16,5 cm x 9,5 cm) do experimento de emergência de <i>E. edulis</i> .	62
Figura 2.3. Locais de alocação das mudas: Casa de vegetação com irrigação intermitente (A); Casa de vegetação com irrigação por microaspersores (B).	64
Figura 2.4. Dados climáticos do período de crescimento das mudas (10/02/2021 a 11/12/2021). Área Experimental do DCFM, Jerônimo Monteiro - ES. (NASA/POWER, 2021).	64
Figura 2.5. Exemplo de fotografia utilizada para análise da área foliar total (AFT) de <i>Euterpe edulis</i> , no software R. Em rosa a escala para as análises (30 mm por 50 mm).	65
Figura 2.6. Curva de emergência de <i>Euterpe edulis</i> da população de estudo, ajustada pelo modelo de Gompertz, com os gráficos boxplot, em função dos dias. Linha pontilhada em vermelho, no 53° dia, demonstrando a taxa de emergência.	69
Figura 2.7. Comportamento da taxa de emergência absoluta (TEA) estimada pelo modelo Gompertz.	71
Figura 2.8. Gráficos boxplot, entre os períodos de 0 a 262 dias, para as variáveis: crescimento de altura (cm) (AP) (A) e diâmetro à altura do coleto (mm) (DAC) (B).	74
Figura 2.9. Gráficos boxplot para variável área foliar total (AFT) cm ² , entre os períodos de 100 a 262 dias.	76
Figura 2.10. Gráficos boxplot para variável massa seca total (MST), entre os períodos de 50 a 262 dias.	77
Figura 2.11. Gráficos boxplot para o índice de qualidade de Dickson (IQD), entre os períodos de 50 a 262 dias.	78
Figura 2.12. Gráficos boxplot para variável fisiológica F_v/F_m nos horários de 08:00 e 12:00 h.	79

1. INTRODUÇÃO GERAL

Considerado um dos maiores *hotspots* de biodiversidade do planeta (ALMEIDA, 2016), a Floresta Atlântica atualmente possui 12,4% de sua cobertura florestal original (FUNDAÇÃO SOS MATA ATLÂNTICA, 2021). Esta degradação, e consequente fragmentação do bioma, agrava as situações de risco de espécies ameaçadas que compõem esta fitofisionomia, como é o caso do *Euterpe edulis* Martius (Arecaceae), popularmente conhecido como juçara (MARTINELLI & MORAES, 2013; BRASIL, 2014; MELITO et al., 2014).

Associado ao fator de destruição de seu habitat natural, a um estipe único que não perfilha e nem rebrota (DORNELES et al., 2013; GUIMARÃES & SOUZA, 2017), o *E. edulis* sofre com a intensa extração insustentável e ilegal de seu palmito para o consumo na alimentação humana, o qual tem grande aceitação (COLETTI & VERRUMA-BERNARDI, 2015). Em decorrência destes fatores, a espécie é classificada em risco de extinção (MARTINELLI & MORAES, 2013). Para contornar esta problemática, o manejo de seus frutos surge como uma alternativa para incentivar a preservação da espécie, evidenciado pela consolidação e expansão do mercado de polpa de açai (*Euterpe oleracea* Martius) (SCHULZ et al., 2016; SILVA & REIS, 2018; CIRAQUI et al., 2020; MACIEL; MOURA & LEONARDI, 2021), visto que as polpas de ambas as espécies são muito similares (SIQUEIRA et al., 2018).

Com esta tendência de aumento da cadeia produtiva da polpa dos frutos da juçara, já produzindo em média 200 mil quilos de frutos por ano, no estado de Santa Catarina (COMPANHIA NACIONAL DE ABASTECIMENTO, 2020) e a atenção mundial da polpa da juçara, devido seu valor nutricional ser comparada com a da *E. oleracea* (SCHULZ et al., 2021), haverá aumento da procura por mudas de qualidade para enriquecimento de áreas nativas e implantação de plantios comerciais. Entretanto, o conhecimento a respeito do cultivo da espécie é escasso, sendo necessário ampliar o estudo silvicultural, desde a germinação/emergência até a fase de produção de mudas.

Assim como outras espécies florestais nativas (HENZEL et al., 2020; MACHADO et al., 2021), o *E. edulis* possui crescimento lento, produzindo frutos a partir do sexto ano (GUIMARÃES & SOUZA, 2017), o que demanda um tempo maior na fase de viveiro, contudo, para fins de produção de mudas, espera-se reduzir este tempo, aumentando a porcentagem de emergência e a qualidade das mudas (OLIVEIRA et al., 2016). Diversos estudos focam nas alterações das condições ambientais ou de técnicas silviculturais (SCHUMACHER, FRANCO & LIMA, 2009; SILVA et al., 2015), porém são poucos que buscam encontrar indivíduos potenciais fornecedores de sementes (MARTINS-CORDER & SALDANHA, 2009), ou seja, produtores de sementes mais viáveis e vigorosas, pois a produção de mudas de espécies nativas

necessita destas informações para gerar mudas com maior qualidade, com divergência genética (VIEIRA et al., 2001; ROELIS et al., 2018; PIKE et al., 2020), evitando assim a endogamia (YOUNG & BOYLE, 2000).

Posto isto, fica evidente a necessidade de estudos a respeito da morfologia de seus frutos e sementes, da emergência e o crescimento inicial de mudas da espécie. Neste sentido, o presente trabalho foi desenvolvido com o objetivo de desenvolver informações técnico-científica para auxiliar programas de melhoramento da espécie, avaliar o potencial de diversidade da população de instalação de germoplasma, gerar conhecimento para auxiliar viveiristas na determinação das atividades no viveiro selecionam as melhores matrizes para a produção e gerar conhecimento que auxilie na preservação e conservação da espécie. O presente estudo foi estruturado de modo ao primeiro capítulo ser escrito em formato de artigo, para expandir o conhecimento científico da espécie e o segundo ser estruturado nos modelos do Programa de Pós-Graduação em Ciências Florestais (DCFM - UFES), para servir informações a técnicos e viveiristas.

2. OBJETIVO GERAL

Caracterizar o *Euterpe edulis*, e sua diversidade, através de variáveis relacionadas ao fruto, as sementes, a emergência, as plântulas e a informações genéticas. Com intuito de fornecer conhecimento básico para uso na área de produção de mudas e para o melhoramento genético da espécie.

3. OBJETIVOS ESPECÍFICOS

Capítulo I: Análise de diversidade em *Euterpe edulis* baseado em informações morfométricas e de marcadores moleculares

- Estimar os parâmetros genéticos e componentes de variâncias em *Euterpe edulis* das características avaliadas;
- Verificar os efeitos diretos e indiretos das variáveis estudadas que afetam a qualidade das mudas;
- Estudar a diversidade dos indivíduos através de marcadores moleculares microssatélites e informações fenotípicas.

Capítulo II: Caracterização morfofisiológica do crescimento inicial de *Euterpe edulis*

- Caracterizar uma população de 68 indivíduos de *E. edulis*, quanto as variáveis morfométricas dos frutos, sementes e da plântula;
- Estudar a emergência de plântulas da espécie, estudando as possíveis associações com os demais caracteres morfométricos;
- Estudar a produção de massa seca, em conjunto do crescimento das mudas nos estágios iniciais;
- Utilizar modelos para explicar os dados de emergência e as variáveis do crescimento inicial de *E. edulis*.

4. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ALMEIDA, D. S. de. **Recuperação ambiental da Mata Atlântica**. 3ª ed. rev. e ampl. - Ilhéus, BA: Editus, 2016. 200 p.
- BRASIL. Ministério do Meio Ambiente. Portaria MMA nº 443, de 17 de dezembro de 2014, Reconhecer como espécies da flora brasileira ameaçadas de extinção aquelas constantes da "Lista Nacional Oficial de Espécies da Flora Ameaçadas de Extinção" - Lista, conforme Anexo à presente Portaria, que inclui o grau de risco de extinção de cada espécie, em observância aos arts. 6º e 7º, da Portaria nº 43, de 31 de janeiro de 2014. **Diário Oficial da União**, Brasília, DF, 18 dez. 2014. 25 p.
- CIRAQUI, R. A. et al. Estrutura populacional de *Euterpe edulis* reintroduzida em floresta secundária de Mata Atlântica para produção de polpa em Reserva Legal. **Anais do XI Congresso Brasileiro de Agroecologia**. v. 15, n. 2, 2020. Disponível em: <<http://cadernos.aba-agroecologia.org.br/cadernos/article/view/3505>>.
- COLETTI, L. Y.; VERRUMA-BERNARDI, M. R. Estudo da aceitação de palmitos. **Revista Univap**, v. 21, n. 37, p. 57-64, 2015.
- CONAB (COMPANHIA NACIONAL DE ABASTECIMENTO). **Boletim da Sociobiodiversidade**. v. 4, n. 2, p. 1-39, 2020. Brasília. Disponível em: <<https://www.conab.gov.br/info-agro/analises-do-mercado-agropecuario-e-extrativista/boletim-da-sociobiodiversidade/boletim-sociobio/item/14057-boletim-da-sociobiodiversidade-2-trimestre-2020>>. Acesso em: 30 nov. 2021.
- DORNELES, L. L. et al. Biologia da polinização de *Euterpe edulis* Martius (*Arecaceae*) e associação com abelhas sociais (*Apidae: Apini*) em sistema agroflorestal na Ilha de Santa Catarina. **Iheringia. Série Botânica**, v. 68, n. 1, p. 47-57, 2013.
- FUNDAÇÃO SOS PRO-MATA ATLÂNTICA. **SOS Mata Atlântica**, 2021. Disponível em: <<https://www.sosma.org.br/causas/mata-atlantica/>>. Acesso em: 30 nov. 2021.
- GUIMARÃES, L. A. O. (org.); SOUZA, R. G. (org.) **Palmeira juçara: patrimônio natural da Mata Atlântica no Espírito Santo**. Vitória, ES: Incaper, 2017. 68 p.
- HENZEL, A. B. D. et al. Germinação de palmito-juçara (*Euterpe edulis* Mart. - *Arecaceae*) submetido a escarificação mecânica. **Anais do XI Congresso Brasileiro de Agroecologia**, v. 15, n. 2, 2020. Disponível em: <<http://cadernos.aba-agroecologia.org.br/index.php/cadernos/article/view/3416>>.
- MACHADO, U. L. R. et al. Avaliação da germinação de sementes de açazeiro (*Euterpe oleracea* M.) submetidas à inoculação de 19 linhagens de bactérias isoladas no semiárido. **Brazilian Applied Science Review**, v. 5, n. 2, p. 709-719, 2021.
- MACIEL, L. D. O.; MOURA, N. F.; LEONARDI, A. Cadeia produtiva do açaí juçara na região do litoral norte do Rio Grande do Sul. **Revista Teoria e Evidência Econômica**, v. 25, n. 52, p. 29-53, 2021.
- MARTINELLI, G. (org.); MORAES, M. A. (org.). **Livro vermelho da flora do Brasil**. 1. ed. Rio de Janeiro, RJ: Andrea Jakobson: Instituto de Pesquisas Jardim Botânico do Rio de Janeiro, 2013. 1100 p.
- MELITO, M. O. et al. Demographic structure of a threatened palm (*Euterpe edulis* Mart.) in a fragmented landscape of Atlantic Forest in northeastern Brazil. **Acta Botanica Brasílica**, v. 28, n. 2, p. 249-258, 2014.
- OLIVEIRA, M. C. de et al. **Manual de viveiro e produção de mudas: Espécies arbóreas nativas do Cerrado**. Editora Rede de Sementes do Cerrado, 2016. 124 p.
- PIKE, C. et al. New seed-collection zones for the eastern United States: the eastern seed zone forum. **Journal of Forestry**, v. 118, n. 4, p. 444-451, 2020.
- ROELIS, B. V. et al. Divergência genética de Castanheira-do-Brasil por meio de caracteres biométricos de frutos e sementes. **Revista Ibero-Americana de Ciências Ambientais**, v. 9, n. 8, p. 249-259, 2018.
- SCHULZ, M. et al. Aliphatic organic acids and sugars in seven edible ripening stages of juçara fruit (*Euterpe edulis* Martius). **Journal of Food Composition and Analysis**, v. 95, 103683, 2021.

SCHULZ, M. et al. Juçara fruit (*Euterpe edulis* Mart.): Sustainable exploitation of a source of bioactive compounds. **Food Research International**, v. 89, p. 14-26, 2016.

SCHUMACHER, M. V.; FRANCO, E. T. H.; LIMA, L. S. H. Crescimento de mudas de *Euterpe edulis* Martius em resposta a diferentes doses de fósforo. **Ciência Florestal**, v. 18, n. 4, p. 461-470, 2009.

SILVA, F. A. de M. et al. Produção de mudas de juçara com resíduos agroindustriais e lodo de esgoto compostados. **Revista Brasileira de Engenharia de Biosistemas**, v. 9, n. 2, p. 109-121, 2015.

SILVA, J. Z. da; REIS, M. S. dos. Fenologia reprodutiva e produção de frutos em *Euterpe edulis* (Martius). **Ciência Florestal**, v. 28, n. 1, p. 295-309, 2018.

SIQUEIRA, A. P. S. et al. Technological differences between açai and juçara pulps and their sorbets. **Brazilian Journal of Food Technology**, v. 21, e2017047, 2017.

VIEIRA, A. H. et al. **Técnicas de produção de sementes florestais**. Boa Vista, RO: Embrapa-CPAF. Comunicado Técnico nº 205, (INFOTECA-E), p.1-4, 2001.

YOUNG, A.; BOYLE, T. Forest fragmentation. *In*: YOUNG, A.; BOYLE, T.; BOSHIER, D. (eds.). **Forest conservation genetics: principles and practice**. Wallingford: CABI Publishing, 2000, p. 123-132.

5. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

5.1 Floresta Atlântica e sua conservação

Conforme o Art. 2º da Lei nº 11.428 de 22 de dezembro de 2006 (Lei da Mata Atlântica), compreende-se por Bioma Mata Atlântica as seguintes formações florestais nativas e ecossistemas associados, delimitadas em mapa do Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística - IBGE, conforme regulamento: Floresta Ombrófila Densa; Floresta Ombrófila Mista, também denominada de Mata de Araucárias; Floresta Ombrófila Aberta; Floresta Estacional Semidecidual; e Floresta Estacional Decidual, bem como os manguezais, as vegetações de restingas, campos de altitude, brejos interioranos e encaves florestais do Nordeste (BRASIL, 2006).

Estendendo por toda costa do litoral brasileiro banhada pelo Oceano Atlântico, a Floresta Atlântica está presente em 17 estados da federação, ocupando cerca de 15% do território nacional. Isto o coloca entre os principais biomas brasileiros, possibilitando a geração de serviços essenciais (como o abastecimento de água, a agricultura, a pesca, a geração de energia elétrica, o turismo e o lazer) para 72% da população brasileira, e ainda concentrando 70% do PIB do país (FUNDAÇÃO SOS MATA ATLÂNTICA, 2021).

Entretanto, grande parte deste bioma já foi perdido, restando somente 12,4% da floresta original de cerca de 1.360.000 km² (FUNDAÇÃO SOS MATA ATLÂNTICA, 2021). Isto se deve ao constante processo de desmatamento, decorrente da colonização do nosso território, realizado desde o início do século XIV, que se estende até os dias de hoje. Neste cenário, a Mata Atlântica é considerada um *hotspot*, ou seja, uma área com grande biodiversidade, rica em espécies endêmicas, e que apresenta alto grau de ameaça; sendo considerada prioridade em programas de conservação (MITTERMEIER et al., 1999; MYERS et al., 2000).

Esta perda de vegetação, e por consequência fragmentação do bioma, se deve à ação antrópica, como por exemplo: atividades agrícolas, construção de casas e locais para atender a demanda turística, instalação de barragens, e corte de madeira ilegal (OLIVEIRA & MATTOS 2014), e/ou devido às próprias mudanças climáticas (SCARANO & COETTO, 2015), acarretando, entre os anos de 1985 e 2014, uma supressão de 1.887.596 hectares em todo o país (FUNDAÇÃO SOS MATA ATLÂNTICA/INPE, 2015).

De acordo com o Atlas da Mata Atlântica do Estado do Espírito Santo (ESPÍRITO SANTO, 2018) o estado possui um total de 733.113 ha de florestas, distribuídos em 36.738 fragmentos, sendo a maioria com até cinco hectares, demonstrando o processo de fragmentação do bioma Mata Atlântica, mesmo que haja uma tendência de crescimento da cobertura florestal em estágio inicial de regeneração; ainda há áreas de florestas consolidadas sendo desmatadas.

Este processo de fragmentação não só causa a extinção de espécies e a redução da biodiversidade, mas também leva a eliminação de ecossistemas, de populações, da variabilidade genética, e dos processos ecológicos que mantêm esta diversidade (GALINDO-LEAL & CÂMARA, 2005; COSTA, GALVÃO & SILVA, 2019). Esta perda de biodiversidade gera prejuízos econômicos, pela diminuição do estoque de material genético de plantas (SCHÄFFER et al., 2011), imprescindível para programas de conservação de espécies nativas, como caso do *Euterpe edulis*.

5.2 *Euterpe edulis* Martius

Descrita no ano de 1824 por Martius (HENDERSON, 2000), pertencente à família Arecaceae, o *Euterpe edulis* é uma palmeira popularmente conhecida como juçara, palmeira juçara, jiçara, içara, ensarova, ripeira e ripa (LORENZI, 2010). Possui uma ampla distribuição nos estados litorâneos brasileiros, ocorrendo em toda Floresta Atlântica, desde o Nordeste até o Sul do país, e em partes do Cerrado, no Distrito Federal e Goiás (Figura 1.1) (LEITMAN et al., 2015).



Figura 1.1. Distribuição geográfica do *Euterpe edulis* Mart. nos estados brasileiros com ocorrência confirmadas (LEITMAN et al., 2015).

É considerada uma palmeira não estolonífera (Figura 1.2), ou seja, possui estipe único que não tem capacidade de rebrota. Apresenta em média 15 m de altura e 15 cm de diâmetro a altura do peito. Quando adulto, suas folhas pinadas medem cerca de 1 a 2,5 m de comprimento, de coloração verde oliva a verde-escuro, destacam-se com facilidade da planta, e caracterizadas como esciófila, ou seja, tolerante à sombra (REITZ, 1974; BOURSCHEID et al., 2011).

Suas inflorescências intrafoliares, ou seja, abaixo do palmito (LORENZI et al., 2004) possuem formato de panícula e são compostas por uma raque central, que se ramifica em ráquulas, responsável por sustentar as flores (BOURSCHEID et al., 2011). Segundo Carvalho (2003), as flores, de coloração amarelada, são unissexuais e estão inseridas em tríades: uma flor feminina no meio de duas flores masculinas. Com a exposição da inflorescência inicia-se a floração, com as flores masculinas amadurecendo primeiro, caracterizando a protandria na espécie (BOURSCHEID et al., 2011).



Figura 1.2. Ilustração botânica da palmeira juçara (*Euterpe edulis* Mart.), com destaque para sua folha, botão floral, flor, inflorescência, infrutescência, fruto, plântula e muda (CARNEIRO, 2012).

Os cachos (infrutescências) formam milhares de frutos, que pesam em média um grama e possuem de 10 a 15 mm de diâmetro (HENDERSON; GALEANO & BERNAL, 1995), resultando em um peso total de três até oito quilogramas de frutos (SEOANE et al., 2005). Estes, são caracterizados como drupáceos, esféricos, de coloração violáceo-púrpura a negra quando maduros, possuindo mesocarpo carnoso fino (BOURSCHEID et al., 2011), de onde é extraído a polpa, envolvendo uma única semente (CARVALHO, 2003).

As sementes possuem formato quase esférico, de coloração parda-grisácea a parda-amarelada, envolta por uma cobertura fibrosa, com até 10 mm de diâmetro (CARVALHO, 2003). O endosperma é constituído por células vivas com paredes espessas interconectadas por campos primários de pontuações, cuja constituição química se resume a proteínas, lipídios e manana (PANZA, LÁINEZ & MALDONADO, 2004). Já Reitz (1974), afirma que o endosperma é muito abundante e homogêneo, que abriga o embrião em uma posição lateral, com alto teor de reservas, constituído de carboidratos (cerca de 88%), proteínas (10%) e lipídeos (2%) (REIS, 1995).

5.3 Germinação/Emergência do *E. edulis*

Assim como as outras monocotiledôneas, o *E. edulis* possui germinação do tipo hipógea, ou seja, os cotilédones permanecem abaixo da superfície do solo (CARVALHO, 2003). Entretanto, nas espécies da família Arecaceae a parte distal do cotilédone permanece no interior da semente, formando um haustório, estrutura globular e esponjosa, ao se expandir. Este, absorve as reservas do endosperma, ao mesmo tempo que ocupa seu lugar (DEMASON & THOMSON, 1981).

O processo de germinação das sementes ocorre após o período de repouso fisiológico, no qual induz o desenvolvimento do embrião, e conseqüentemente causa a protrusão da raiz primária pelo rompimento do tegumento. Para os tecnologistas de sementes, a germinação é o processo de emergência da plântula e o desenvolvimento das estruturas essenciais do embrião, demonstrando a sua capacidade para dar origem a uma planta normal, sob condições ambientais favoráveis (MARCOS FILHO, 2005; BRASIL, 2009).

A velocidade, porcentagem e uniformidade de germinação das sementes são dependentes de fatores naturais intrínsecos (longevidade, viabilidade, inibidores, genótipo, fenótipo, vigor da semente) e extrínsecos (propriedades físicas e químicas do substrato, microrganismos e clima), definem o sucesso ou o fracasso do desenvolvimento da plântula (CARVALHO & NAKAGAWA, 2000). Com isto, o conhecimento das condições adequadas, e do material a ser germinado, é de fundamental importância para obter uma ótima germinação.

A propagação do *E. edulis* ocorre exclusivamente por sementes, assim como grande parte das palmeiras (BOURSCHEID et al., 2011; BECKMANN-CAVALCANTE et al., 2012). Geralmente, os propágulos apresentam germinação lenta, irregular e frequentemente em baixa porcentagem, perdendo a viabilidade rapidamente quando desidratadas (BROCHAT, 1994). Estas características permitem a classificação das sementes da juçara na categoria de recalcitrantes (MONTEIRO et al., 2018; SOLER-GUILHEN et al., 2020), diminuindo a possibilidade de sua conservação por muito tempo, mesmo sob condições naturais (ANDRADE, 2001).

Porém, as sementes recém coletadas apresentam taxas altas de germinação e vigor (BOVI & CARDOSO, 1976; QUEIROZ, 2000). A germinação lenta se deve aos diferentes graus de dormência, por fatores como grau de maturação, temperatura do ambiente, substrato e espessura do endocarpo (COSTA & MARCHI, 2008), que forma uma barreira mecânica, dificultando a absorção de água, embora seu embrião já esteja totalmente formado e apto para germinar desde a época de frutificação (BOVI & CARDOSO, 1976).

Essa germinação lenta e desuniforme é um problema prático para o estabelecimento de plantios comerciais dessas palmeiras, sendo esses uns dos principais motivos para se buscar abreviar e uniformizar a germinação dessas palmeiras (BOVI & CARDOSO, 1975).

5.4 Produção de mudas de *E. edulis*

A produção de mudas de palmeiras nativas, como o *E. edulis*, que ainda não possuem apelo econômico, é um desafio. Pois há uma escassez de trabalhos na literatura sobre os aspectos botânicos e agrônômicos, principalmente relacionados à propagação, o que dificulta a introdução das mesmas em sistema de produção e programas de melhoramento.

Contudo, em decorrência do risco de extinção da palmeira juçara, estudos buscam encontrar informações a respeito das melhores condições para a produção de mudas da palmeira juçara em viveiros (MOLINA & BOTREL, 2009). Como os trabalhos de Munhoz et al. (2005) e Beckmann-Cavalcante et al. (2012), que relataram o efeito positivo da escarificação mecânica das sementes, permitindo assim as trocas gasosas e de água destas, sendo observado no aumento nas variáveis porcentagem e velocidade de germinação. No entanto Henzel et al. (2020) não observaram melhoras com a escarificação das sementes, sendo necessário outras formas de otimizar a germinação/emergência da espécie.

No referente à substrato, Brahm et al. (2012) verificaram um bom crescimento vegetativo das plântulas em substratos de solo de mato e solo argiloso combinado com casca de arroz carbonizada ou *in natura*. Sendo também observado um pior desenvolvimento com

substrato comercial. Entretanto, Muniz et al. (2018), observaram maior quantidade de mudas mais desenvolvidas com o substrato comercial Maxfértil®.

Em relação à adubação, Chioda et al. (2020) verificaram respostas lineares positiva para adubação nitrogenada, apresentando maiores médias na dose mais elevada de N (600 mg de N dm^{-3}), provocando melhor desenvolvimento de mudas. Contudo, Venturi & Paulilo (1998) verificaram que a massa seca e a área foliar de mudas de palmeira juçara não foram influenciadas por incrementos na adubação nos cinco primeiros meses após o plantio, mas há evidências do benefício do aporte nutricional em mudas a partir do quinto mês.

Existem ainda estudos com rejeitos, como resíduos da agroindústria de palmito pupunha e lodo de esgoto, que confirmam a viabilidade destes resíduos como substrato para a produção de mudas de juçara, permitindo a não utilização de fertilizantes granulados inorgânicos (SILVA et al., 2015). E ainda, estudos recentes começaram a inocular fungos micorrízicos arbusculares para ajudar no crescimento e nutrição de mudas de *E. edulis*, proporcionando efeitos benéficos, com plantas mais vigorosas, a um baixo custo (ALMEIDA et al., 2021).

5.5 Importância econômica do *Euterpe edulis*

O manejo dos frutos de juçara é uma opção com elevado potencial econômico e ecológico, segurando o homem no campo, criando valor e renda com a Floresta Atlântica, desenvolvendo as comunidades locais com negócios sustentáveis, assegurando alimento para diversas espécies de aves e mamíferos (MIRANDA et al., 2011; JUÇÁÍ, 2021) e mantendo a diversidade genética da espécie que é considerada chave dentro do ecossistema (MARTINS-CORDER et al., 2009) pois ao realizar o corte para extração do palmito, a mesma acaba morrendo (BOURSCHEID et al., 2011).

O potencial de crescimento do valor de mercado do quilo de frutos de juçara é extremamente elevado, passando de R\$ 0,41 no ano de 2000, para R\$ 1,69 no ano de 2012 (ANDRADE et al., 2015). Atualmente, de acordo com a PORTARIA MAPA Nº 376, de 22 de dezembro de 2021, em vigor a partir do dia 03 de jan. de 2022, o preço mínimo (R\$/kg) para os extrativistas passou de 3,24, em 2021, para 4,18, em 2022, na região sudeste (BRASIL, 2021).

Além de seu potencial produtivo, de alimentação humana e da fauna, inclusive em épocas de escassez de alimento na florestal (TRES et al., 2020); sua polpa possui diversos compostos do grupo dos flavonoides (GARCIA, et al., 2019), que possuem alta capacidade antioxidante (BARROSO et al., 2019), auxiliando em diversos estudos de combate a doenças (AGOSTINI-COSTA, 2018; MENDES et al., 2021) e usos em industriais (FRASAO et al., 2021).

O estado do Espírito Santo, por meio de estudos da conservação da biodiversidade e o uso sustentável dos produtos florestais não madeireiros, vem fortalecendo o uso dos frutos de juçara. Isto foi instaurado por meio da implantação do Plano de Exploração Sustentável Simplificado, que cria as normativas do plano de manejo para coleta dos frutos da juçara, dado pela Instrução Normativa n° 03/2013, do Instituto de Defesa Agropecuária e Florestal do Espírito Santo - IDAF (IDAF, 2013).

5.6 Modelos de regressão não linear

Em estudos que envolvem simultaneamente duas variáveis uma dependente com uma ou mais variáveis independentes, podemos utilizar os modelos de regressão para analisar uma possível relação entre elas (MAZUCHELI & ACHCAR, 2002). Draper & Smith (1998) classificaram, os modelos de regressão em três classes: lineares, em relação aos parâmetros (as derivadas parciais em relação aos parâmetros não dependem dos parâmetros); modelos linearizáveis, aqueles que podem se tornar lineares através de alguma transformação e modelos inerentemente não lineares, quando pelo menos uma das derivadas parciais depende de algum parâmetro do modelo.

Na área de produção vegetal, são usados modelos não lineares geralmente para explicar curvas de crescimento, pois estas começam em algum ponto fixo e aumentam a taxa de crescimento até um ponto de inflexão. Após este ponto a taxa de crescimento começa a diminuir até a curva se aproximar de um valor final, a assíntota (RATKOWSKY, 1983). Geralmente os modelos possuem uma base teórica que possibilita um bom ajuste que condensa informações de uma série de dados, tomados ao longo do tempo, em um pequeno conjunto de parâmetros biologicamente interpretáveis (TERRA, MUNIZ & SAVIAN, 2010).

Vários modelos estatísticos podem ser usados, sendo os mais comuns para estimar crescimento vegetal o Logístico e o Gompertz (SEBER & WILD, 1989), variando de acordo com suas habilidades, para facilitar a interpretação dos processos envolvidos. Porém a escolha do modelo que melhor descreve a curva de crescimento é baseada na qualidade de seu ajuste de dados, ou seja, na interpretação biológica dos parâmetros (RATKOWSKY, 1983).

6. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- AGOSTINI-COSTA, T. da S. Bioactive compounds and health benefits of some palm species traditionally used in Africa and the Americas—a review. **Journal of Ethnopharmacology**, v. 224, p. 202-229, 2018.
- ALMEIDA, D. S. de et al. Mycorrhizal fungi and phosphate fertilization in the production of *Euterpe edulis* seedlings. **Revista de la Facultad de Ciencias Agrarias UNCuyo**, v. 53, n. 2, p. 109-118, 2021.
- ANDRADE, A. C. S. de. The effect of moisture content and temperature on the longevity of heart of palm seeds (*Euterpe edulis*). **Seed Science and Technology**, v. 29, n. 1, p. 171-182, 2001.
- ANDRADE, J. C. de P. Categoria Profissional 3º lugar: **Manejo Florestal no Estado do Espírito Santo: O cultivo da palmeira juçara (*Euterpe edulis*) como alternativa econômica e ambiental**. Ilhéus, BA. 2015.
- BARROSO, M. E. S. et al. Phytochemical profile of genotypes of *Euterpe edulis* Martius–Juçara palm fruits. **Food Research International**, v. 116, p. 985-993, 2019.
- BECKMANN-CAVALCANTE, M. Z. et al. Temperatura, escarificação mecânica e substrato na germinação de sementes das palmeiras juçara e açai. **Revista Brasileira de Ciências Agrárias**, v. 7, n. 4, p. 569-573, 2012.
- BOURSCHEID, K. et al. *Euterpe edulis*: Palmito-juçara. In: CORADIN, L.; SIMINSKI, A.; REIS, A. (Org.). **Espécies nativas da flora brasileira de valor econômico atual ou potencial: Plantas para o futuro - Região Sul**. Brasília, DF: MMA, 2011. 934 p.
- BOVI, M. L. A.; CARDOSO, M. Germinação de sementes de palmitreiro (*Euterpe edulis* Mart.). **Bragantia**, v. 34, p. 29-34, 1975.
- BOVI, M. L. A.; CARDOSO, M. Profundidade de semeadura do palmitreiro. **Bragantia**, v. 35, n. 2, p. 161-167, 1976.
- BRAHM, R. Ü. et al. Avaliação do efeito de diferentes substratos sobre o desenvolvimento de *Euterpe edulis* (Mart.) e *Roystonea regia* (Kunth). **Revista Brasileira de Agroecologia**, v. 8, n. 2, p. 148-160, 2013.
- BRASIL. Congresso. Senado. **Lei nº 11.428**, de 22 de dezembro de 2006. Brasília, DF, 22 dezembro 2006. Disponível em: <http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/_Ato2004-2006/2006/Lei/L11428.htm>. Acesso em: 03 jan. 2021.
- BRASIL. Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. **PORTARIA MAPA Nº 376, DE 22 DE DEZEMBRO DE 2021**. Disponível em: <https://www.in.gov.br/en/web/dou/-/portaria-mapa-n-376-de-22-de-dezembro-de-2021-369669165>>. Acesso em: 11 jan. 2022.
- BRASIL. Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. **Regras para Análise de Sementes**. Secretaria de Defesa Agropecuária - Brasília: Mapa/ACS, 2009. 399 p.
- BROSCHAT, T. K. Palm seed propagation. **Acta Horticulturae**, v. 360, p. 141-147, 1994.
- CARNEIRO, D. **Ilustrações Botânicas/Aquarelas**, 2012. Disponível em: <<http://www.dianacarneiro.com/p/aquarelas.html>>. Acesso em: 10 dez. 2021.
- CARVALHO, N. M. de; NAKAGAWA, J. (ed.). **Sementes: ciência, tecnologia e produção**. 4 ed. Jaboticabal, SP: Funep, 2000. 588 p.
- CARVALHO, P. E. R. **Espécies Arbóreas Brasileiras**. Brasília, DF: Embrapa Informação Tecnológica. Colombo - PR: EMBRAPA Florestas, v.1, 2003. 1039 p.
- CHIODA, et al. Adubação nitrogenada no desenvolvimento de mudas de *Euterpe edulis* Mart. **V Congresso Internacional das Ciências Agrárias - COINTER PDVAgro**. 2020.
- COSTA, A.; GALVÃO, A.; SILVA, L. G. da. Mata Atlântica Brasileira: Análise do efeito de borda em fragmentos florestais remanescentes de um hotspot para conservação da biodiversidade. **Revista de Geografia, Meio Ambiente e Ensino**, v. 10, n. 1, p. 112-123, 2019.

- COSTA, C. J.; MARCHI, E. C. S. Germinação de sementes de palmeiras com potencial para produção de agroenergia. **Embrapa Cerrados - Documentos (INFOTECA-E)**, 2008. 35 p.
- DEMASON, D. A.; THOMSON, W. W. Structure and ultrastructure of the cotyledon of date palm (*Phoenix dactylifera* L.). **Botanical Gazette**, v. 142, n. 3, p. 320-328, 1981.
- DRAPER, N. R.; SMITH, H. **Applied regression analysis**. 3ª ed. John Wiley & Sons, 1998. 705 p.
- ESPÍRITO SANTO. Secretaria Estadual de Meio Ambiente e Recursos Hídricos. **Atlas da Mata Atlântica do Estado do Espírito Santo 2007-2008/ 2012-2015**. Sossai, M. F. (coord.). Cariacica, ES: IEMA, 2018.
- FRASAO, B. da S. et al. Impact of juçara (*Euterpe edulis*) fruit waste extracts on the quality of conventional and antibiotic-free broiler meat. **Poultry Science**, v. 100, ed. 8, 101232, 2021.
- FUNDAÇÃO SOS MATA ATLÂNTICA/INPE. **Atlas dos Remanescentes Florestais da Mata Atlântica**. Período 2013-2014. Relatório Técnico. São Paulo: Fundação SOS Mata Atlântica, 2015. Disponível em: <https://cms.sosma.org.br/wp-content/uploads/2014/05/atlas_2012-2013_relatorio_tecnico_20141.pdf>. Acesso em: 07 jan. 2022.
- FUNDAÇÃO SOS PRO-MATA ATLÂNTICA. **SOS Mata Atlântica**, 2021. Disponível em: <<https://www.sosma.org.br/causas/mata-atlantica/>>. Acesso em: 30 nov. 2021.
- GALINDO-LEAL, C.; CÂMARA, I. de G. Status do hotspot Mata Atlântica: uma síntese. **Mata Atlântica: biodiversidade, ameaças e perspectivas**. São Paulo, SP: Fundação SOS Mata Atlântica, p. 3-11, 2005.
- GARCIA, J. A. A. et al. Chemical composition and biological activities of Juçara (*Euterpe edulis* Martius) fruit by-products, a promising underexploited source of high-added value compounds. **Journal of Functional Foods**, v. 55, p. 325-332, 2019.
- HENDERSON, A. The genus *Euterpe* in Brazil. In: REIS, M. S. dos; REIS, A. (ed.). *Euterpe edulis* Martius - (Palmito) - **Biologia, Conservação e Manejo**. [s.l.] Herbário Barbosa Rodrigues, p. 1-22, 2000.
- HENDERSON, A., GALEANO, G.; BERNAL, R. **Field Guide to the Palms of the Americas**. Princeton University Press, New Jersey. 1995. 502 p.
- HENZEL, A. B. D. et al. Germinação de palmito-juçara (*Euterpe edulis* Mart.-Arecaceae) submetido a escarificação mecânica. **Anais do XI Congresso Brasileiro de Agroecologia - Cadernos de Agroecologia**, v. 15, n. 2, 2020.
- IDAF - Instituto de Defesa Agropecuária e Florestal do Espírito Santo. Instrução Normativa, nº 003. Normas de Plano de Exploração Sustentável Simplificado para Extração do Fruto da Palmeira Juçara (*Euterpe edulis*). **Diário Oficial do Estado do Espírito Santo**. Vitória - ES, 31 jul. 2013.
- JUÇAÍ, 2021. **Mapa de Impacto Sustentável 2020 - JUÇAÍ**. Disponível em: <https://jucai.com.br/wp-content/themes/jucai/assets/JUCAI_Relatorio_digital.pdf>. Acesso em: 20 de maio de 2021.
- LEITMAN, P. et al. 2015. Arecaceae in **Lista de Espécies da Flora do Brasil**. Jardim Botânico do Rio de Janeiro. Disponível em: <<http://floradobrasil.jbrj.gov.br/jabot/floradobrasil/FB15712>>. Acesso em: 10 dez. 2021.
- LORENZI, H. et al. **Flora Brasileira-Arecaceae (Palmeiras)**. Nova Odessa, SP: Instituto Plantarum, 2010. 368 p.
- LORENZI, H.; et al. **Palmeiras brasileiras e exóticas cultivadas**. Nova Odessa, SP: Instituto Plantarum, 2004. 272 p.
- MARCOS FILHO, J. **Fisiologia de sementes de plantas cultivadas**. Piracicaba, SP: FEALQ, 2005. 495 p.
- MARTINS-CORDER, M. P. et al. Análise da diversidade genética de populações de palmito (*Euterpe edulis* Martius) através de marcadores isoenzimáticos. **Revista Ceres**, v. 56, n. 2, p. 204-212, 2009.
- MAZUCHELI, J.; ACHCAR, J. A. Algumas considerações em regressão não linear. **Acta Scientiarum. Technology**, v. 24, n. 6, p. 1761-1770, 2002.

- MENDES, B. C. et al. Effects of *Euterpe edulis* Martius on inflammatory responses to high-intensity intermittent exercise: Crossover randomized trial. **Nutrition**, v. 91, 111344, 2021.
- MIRANDA, T. M. et al. Existe utilização efetiva dos recursos vegetais conhecidos em comunidades caiçaras da Ilha do Cardoso, estado de São Paulo, Brasil? **Rodriguésia**, v. 62, n. 1, p. 153-169, 2011.
- MITTERMEIER, R. A. et al. **Hotspots**: Earth's biologically richest and most endangered terrestrial ecoregions. CEMEX, SA, Agrupación Sierra Madre, SC, 1999. 431 p.
- MOLINA, I. R.; BOTREL, M. C. G. Germinação e desenvolvimento da muda de palmito Juçara em diferentes substratos. **Agrarian**, v. 2, n. 3, p. 115-122, 2009.
- MONTEIRO, C. B. et al. Efeito da despolpa dos frutos na emergência e no crescimento inicial de *Euterpe edulis* Martius. **Cadernos de Agroecologia**, v. 13, n. 1, 2018. Disponível em: <<http://cadernos.aba-agroecologia.org.br/cadernos/article/view/1083/617>>. Acesso em: 29 de nov. de 2021.
- MUNHOZ, R. E. F. et al. Quebra de dormência em palmito juçara (*Euterpe edulis*). **Revista Uningá**, v. 5, n. 1, p.163-169, 2005.
- MUNIZ, A. C. C. et al. Desenvolvimento de mudas de palmeira juçara em diferentes substratos. **II Simpósio de Propagação de Plantas e Produção de Mudas**. Águas de Lindóia, SP. 2018.
- MYERS, N. et al. Biodiversity hotspots for conservation priorities. **Nature**, v. 403, n. 6772, p. 853-858, 2000.
- OLIVEIRA, F. F. G. de; MATTOS, J. T. de. Análise ambiental de remanescentes do bioma Mata Atlântica no litoral sul do Rio Grande do Norte - NE do Brasil. **GEOUSP Espaço e Tempo (Online)**, v. 18, n. 1, p. 165-183, 2014.
- PANZA, V.; LAINEZ, V.; MALDONADO, S. Seed structure and histochemistry in the palm *Euterpe edulis*. **Botanical Journal of the Linnean Society**, v. 145, n. 4, p. 445-453, 2004.
- QUEIROZ, M. H. de. Biologia do fruto, da semente e da germinação do palmito *Euterpe edulis* Martius – Arecaceae. In: REIS, M. S.; REIS, A. *Euterpe edulis – Biologia, conservação e manejo sustentado*. Itajaí, SC: Herbário Barbosa Rodrigues, 2000, p. 39-59
- RATKOWSKY, D. A. **Nonlinear Regression Modeling**. New York, Marcel Dekker INC. p. 61-73. 1983.
- REIS, A. **Dispersão de sementes de *Euterpe edulis* Martius (Palmae) em uma floresta ombrófila densa montana da encosta atlântica em Blumenau, SC**. Tese (Doutorado) - Universidade Estadual de Campinas, Campinas. 1995. 154 f.
- REITZ, R. Palmeiras. In: REITZ, R. (ed.). **Flora ilustrada catarinense**. Itajaí, SC: Herbário Barbosa Rodrigues (HBR), 1974. 189 p.
- SCARANO, F. R.; CEOTTO, P. Brazilian Atlantic Forest: impact, vulnerability, and adaptation to climate change. **Biodiversity and Conservation**, v. 24, n. 9, p. 2319-2331, 2015.
- SCHÄFFER, W. B. et al. **Áreas de SEMA Preservação Permanente e Unidades de Conservação X Áreas de Risco**. O que uma coisa tem a ver com a outra? Relatório de Inspeção da área atingida pela tragédia das chuvas na Região Serrana do Rio de Janeiro. Brasília, DF: MMA, 2011.
- SEBER, G. A. F.; WILD, C. J. **Nonlinear regression**. Auckland: John Wiley & Sons INC. 1989. 768 p.
- SEOANE, C. E. S. et al. Efeitos da fragmentação florestal sobre a imigração de sementes e a estrutura genética temporal de populações de *Euterpe edulis* Mart. **Revista do Instituto Florestal**, v. 17, n. 1, p. 23-43, 2005.
- SILVA, F. A. de M. et al. Produção de mudas de juçara com resíduos agroindustriais e lodo de esgoto compostados. **Revista Brasileira de Engenharia de Biosistemas**, v. 9, n. 2, p. 109-121, 2015.
- SOLER-GUILHEN, J. H. et al. *Euterpe edulis* seed germination parameters and genotype selection. **Acta Scientiarum. Agronomy**, v. 42, e42461, 2020.

TERRA, M. F.; MUNIZ, J. A.; SAVIAN, T. V. Ajuste dos modelos Logístico e Gompertz aos dados de crescimento de frutos da tamareira-anã (*Phoenix roebelenii* O'BRIEN). **Magistra**, v. 22, n. 1, p. 1-7, 2010.

TRES, A. et al. Reproductive phenology of *Euterpe edulis* Mart. in two altitudinal classes in the Brazilian Atlantic Forest. **Revista Ibero-Americana de Ciências Ambientais**, v. 11, n. 2, p. 23-35, 2020.

VENTURI, S.; PAULILO, M. T. S. Esgotamento das reservas na semente de *Euterpe edulis* Mart. e efeito da nutrição mineral nas plântulas. **Acta Botanica Brasilica**, v. 12, n. 3, p. 215-220, 1998.

Capítulo 1

Análise de diversidade em *Euterpe edulis* baseado em informações morfológicas e de marcadores moleculares

Resumo: *Euterpe edulis* Mart. apresenta potencial ecológico, econômico, e social para o mercado de polpa *in natura* e indústrias farmacêuticas. A conservação do germoplasma e o melhoramento genético dependem de estudos de divergência genética. Objetivou-se quantificar a divergência genética em uma população nativa de genótipos de *E. edulis* com base na biometria de frutos, sementes e caracteres morfofisiológicos do crescimento inicial de plântulas. Foram avaliadas diâmetro equatorial do fruto (DEF) (mm), massa fresca dos frutos (MFF) e sementes (MFS) (g), índice de velocidade de emergência (IVE), tempo médio de emergência (TME), porcentagem de emergência (E), massa seca da parte aérea (MSPA) (g), massa seca total (MST) (g), índice de qualidade de Dickson (IQD), área foliar total (AFT) (cm²), diâmetro a altura do coleto (DAC) (mm), altura da planta (AP) (cm) e fluorescência variável/fluorescência máxima (F_v/F_m). Todas as características biométricas de frutos, sementes e emergência (exceto IVE) apresentaram variabilidade genética, com as variáveis morfofisiológicas de crescimento mostrando mais influência do meio. As variações genéticas entre os genótipos são essenciais para prever a hereditariedade e a heterose, que são essenciais para o programa de melhoramento de *E. edulis*. TME e IQD foram correlacionados negativamente. MSPA e IQD, AFT e IQD se correlacionaram positivamente. A herdabilidade estima o controle genético que pode ser obtido do germoplasma de *E. edulis*. Os pares de correlações entre variáveis reduzem o esforço de avaliação e os recursos para medir a alocações de genótipos em grupos heterogêneos com alta variabilidade genética. Isso possibilita selecionar indivíduos para programas de hibridização, com ganhos nas próximas gerações. A análises de trilha, baseada em relações gráficas entre as características biométricas dos frutos e morfofisiológica de plântulas, permitem a seleção de variáveis com menor esforço e menos medições. As distâncias agrupadas entre os pares de indivíduos variaram de 0,15 a 0,92, com nove grupos distintos. Os caracteres biométricos dos frutos de *E. edulis* são mais eficientes para quantificar a divergência genética entre os genótipos, em comparação com os caracteres morfofisiológicos. A análise conjunta de características fenotípicas com moleculares fornece a melhor estratégia para avaliar a divergência genética e orientar ações de conservação e formação de bancos de germoplasma de *E. edulis*.

Palavras-chave: *E. edulis*, frutos, plântulas, divergência genética, correlações, conservação.

Chapter 1

Association and analysis of diversity in *Euterpe edulis* based on morphometric information and molecular markers

Abstract: *Euterpe edulis* Mart. presents ecological, economic and social potential for the fresh pulp market and pharmaceutical industries. Germplasm conservation and genetic improvement depend on genetic divergence studies. The objective was to quantify the genetic divergence in a native population of *E. edulis* genotypes based on the biometry of fruits, seeds and morphophysiological characters of initial seedling growth. Equatorial diameter of the fruit (DEF) (mm), fresh mass of fruits (MFF) and seeds (MFS) (g), emergence speed index (IVE), mean emergence time (TME), percentage of emergence (E), shoot dry mass (MSPA) (g), total dry mass (MST) (g), Dickson quality index (DQI), total leaf area (AFT) (cm²), stem diameter at height (DAC) (mm), plant height (AP) (cm) and variable fluorescence/maximum fluorescence (Fv/Fm). All biometric characteristics of fruits, seeds and emergence (except IVE) showed genetic variability, with morphophysiological growth variables showing more influence of the medium. Genetic variations between genotypes are essential for predicting heredity and heterosis, which are essential for the *E. edulis* breeding program. TME and IQD were negatively correlated. MSPA and IQD, AFT and IQD were positively correlated. Heritability estimates the genetic control that can be obtained from *E. edulis* germplasm. Paired correlations between variables reduce the evaluation effort and resources to measure genotype allocations in heterogeneous groups with high genetic variability. This makes it possible to select individuals for hybridization programs, with gains in the next generations. The trail analysis, based on graphic relationships between the biometric characteristics of the fruits and the morphophysiological characteristics of the seedlings, allow the selection of variables with less effort and less measurements. The grouped distances between the pairs of individuals ranged from 0.15 to 0.92, with nine distinct groups. The biometric characters of *E. edulis* fruits are more efficient to quantify the genetic divergence between the genotypes, in comparison with the morphophysiological characters. The joint analysis of phenotypic and molecular characteristics provides the best strategy to assess genetic divergence and guide conservation actions and formation of *E. edulis* germplasm banks.

Keywords: *E. edulis*, fruits, seedlings, genetic divergence, correlations.

1. INTRODUÇÃO

A Floresta Atlântica, considerada uma das florestas tropicais mais importantes do mundo (MYERS et al., 2000), possui amplo conjunto de recursos genéticos de espécies frutíferas da família *Arecaceae* (SALOMÃO & SANTOS, 2018). Dentre elas, destaca-se o *Euterpe edulis* Mart. devido sua importância como “espécie chave” por produzir frutos em época de escassez de alimento na floresta (TRES et al., 2020). Entretanto, a espécie sofre forte pressão antrópica sobre seus recursos naturais, que em conjunto da fragmentação do bioma (JOLY, METZGER & TABARELLI, 2014) à leva ao status de ameaçada de extinção (MARTINELLI & MORAES, 2013).

Possuindo uma produção de frutos na maior parte do ano (SILVA & REIS, 2018), a espécie além de contribuir para a alimentação da fauna, caracteriza-se pelo potencial econômico capaz de sustentar uma cadeia produtiva, semelhante ao açaí, *Euterpe oleracea* (MACIEL, MOURA & LEONARDI, 2021; TEDESCO et al., 2021), permitindo ainda, a conservação da espécie e seu habitat natural.

A qualidade de polpa do juçara é superior a do açaí em vários aspectos, seu produto processado é mais agradável ao paladar e os benefícios a saúde são superiores (COSTA et al., 2012; BAPTISTA et al., 2021). A polpa processada do juçara, possui sabor mais adocicado (FELZENSZWALB et al., 2013) e com teores de antocianina maiores em comparação ao açaí Amazônico (RIBEIRO, MENDES & PEREIRA, 2011), demonstrando a capacidade de uso deste composto fenólico para tratamentos de doenças (NASCIMENTO et al., 2022) e usos industriais (GARCIA et al., 2019).

Entretanto, o uso comercial e as práticas de conservação da espécie, depende em maior parte, na determinação de abordagens de ações efetivas para propagação de mudas, visando o enriquecimento de fragmentos florestais e implantação de plantios comerciais de *E. edulis*, para atingir o sucesso mercadológico do açaí (*Euterpe oleracea* Mart.) (RODRIGUES, RIBEIRO & SILVA, 2015). Entretanto, o *E. edulis* será efetivamente competitivo ao açaí, apenas após o desenvolvimento de materiais superiores. Para isto, os programas de melhoramento são fundamentais, e estes, dependem inicialmente de uma população base com elevada diversidade genética e conhecimento base do controle genético das características para determinação das ações práticas dentro do programa.

Em geral, a estimação e predição de parâmetros genéticos e componentes de variância de espécies perenes é realizada com o método REML/BLUP (máxima verossimilhança restrita/melhor predição linear não viesada) (RESENDE, 2000, DOURADO et al., 2018). Em especial para espécies do gênero *Euterpe* (RAMOS et al., 2019; SOLER-GUILHEN et al.,

2020), este método supera problemas como coleta de dados e a falta de desenho experimental, possibilitando correções as observações, conduzindo a estimativas de componentes de variâncias mais acuradas (RODRIGUES et al., 2017), e conseqüentemente, ao melhor entendimento do controle das características.

Dentro de programas de melhoramento e práticas de viveiro, o conhecimento sobre aspectos associativos entre caracteres fenotípicos e de diversidade genética, são informações fundamentais para a conservação efetiva dos recursos genéticos e desenvolvimento de materiais superiores. O entendimento da diversidade é essencial, para evitar o uso de materiais geneticamente próximos, e conseqüentemente a condução de perda de alelos por endogamia em função do uso de materiais aparentados. Logo, análises de diversidade fenotípicas e moleculares são importantes para realizar a caracterização e escolhas de genótipos, visando aumentar a eficiência do uso dos recursos genéticos disponíveis, garantir programas de melhoramento a longo prazo e proporcionar sucesso na conservação dos recursos genéticos da espécie.

Neste sentido, objetivou-se com este estudo avaliar a existência de diversidade entre matrizes doadoras de sementes para construção de germoplasma *ex situ*, o controle genético e a associação entre caracteres morfométricos de frutos, sementes e desenvolvimento inicial mudas.

2. MATERIAL E MÉTODOS

2.1 Material vegetal

Frutos de 72 matrizes de *Euterpe edulis*, localizadas em fragmentos florestais da Floresta Atlântica, distribuídos em oito municípios (Alegre, Domingos Martins, Dores do Rio Preto, Guaçuí, Ibitirama, Rio Novo do Sul, São José do Calçado e Venda Nova do Imigrante) do estado do Espírito Santo, Brasil (Figura 1.2), foram amostrados no período de 28 de julho a 29 de agosto, na safra de 2020. No ato da coleta dos frutos, tomou-se como critério seletivo para as matrizes, atender as condições: apresentar boas condições fitossanitárias e fisiológicas, melhor potencial produtivo de frutos dentre as matrizes do entorno e distância mínima de 150 metros. As matrizes foram coletadas em altitudes variando de 351 m, no município de Rio Novo do Sul, à 1061 m, em Venda Nova do Imigrante.

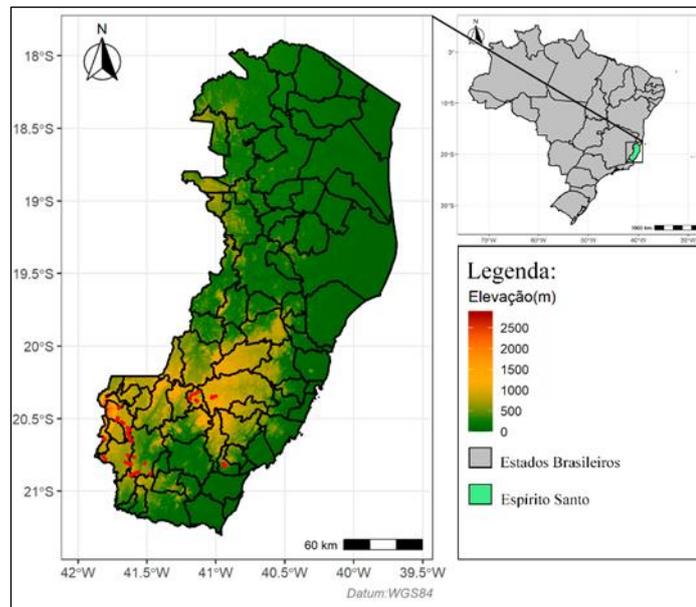


Figura 1.1. Localização geográfica das matrizes amostradas de *Euterpe edulis*. Mapa gerado com software de ambiente livre R.

A coleta dos frutos foi realizada somente se os mesmos estivessem em estágio de maturação completa, o qual se caracteriza por apresentar coloração enegrecida da polpa. De cada planta matriz, foi amostrado um fragmento do córtex do estipe acondicionando-os em sacos de papel Kraft contendo sílica gel, devidamente identificados e transportados até o Laboratório de Genética e Melhoramento Vegetal (LGMV) da Universidade Federal do Espírito Santo (UFES), campus Alegre, onde foram mantidas por 24 horas no freezer $-80\text{ }^{\circ}\text{C}$ e liofilizadas por 72 horas.

2.2 Condução experimental

Para os caracteres morfométricos de frutos e sementes: diâmetro equatorial do fruto (DEF) (mm), massa fresca de frutos (MFF) e sementes (MFS) (g); as avaliações foram conduzidas em delineamento inteiramente casualizado.

Para análise de emergência: índice de velocidade de emergência (IVE); tempo médio de emergência (TME); porcentagem de emergência (E) (%); as avaliações foram conduzidas durante 153 dias em casa de vegetação, distribuída em delineamento inteiramente casualizado, com quatro repetições de 25 sementes por genótipos. As sementes passaram por processo de superação de dormência adicionando-os em água à $40\text{ }^{\circ}\text{C}$ durante 20 min (CURSI & CICERO, 2014) e a contagem de emergência foi realizada a cada dois dias.

Para as avaliações de desenvolvimento de mudas: massa seca da parte aérea (MSPA) (g); massa seca total (MST) (g); índice de qualidade de Dickson (IQD) (DICKSON, LEAF & HOSNER, 1960); área foliar (AFT) (cm^2); diâmetro a altura do coleto (DAC) (mm); altura da planta (AP) (cm); as avaliações foram conduzidas em delineamento inteiramente casualizado.

O transplântio das plântulas, considerado tempo zero, ocorreu após 153 dias à semeadura das sementes em areia. Após o transplântio, as mudas ficaram em estufa para aclimatação com irrigação intermitente durante 30 dias.

A partir do tempo zero, a cada 50 dias foram realizadas análises destrutivas de 10 mudas de cada genótipo, totalizando cinco análises destrutivas. Na última data, foram adicionados 12 dias de desenvolvimento para viabilizar a análise de fluorescência da clorofila, totalizando um período de desenvolvimento das mudas de 262 dias após o transplântio.

2.3 Fenotipagem

O DEF foi mensurado a partir de 10 repetições por genótipo; MFF e MFS avaliada em quatro repetições de 25 frutos; IVE calculado de acordo com a equação de Maguire (1962); TME calculado segundo Labouriau & Viladares (1976); E, avaliada em quatro repetições de 25 sementes; MSPA, MSR e MST foram avaliadas em cinco tempos diferentes com 10 repetições por genótipo; IQD calculado pela metodologia de Dickson, Leaf & Hosner (1960); AP e DAC avaliados em seis tempos diferentes e 10 repetições por genótipo.

2.4 Genotipagem via marcador microsatélite

Dos 72 genótipos em estudo, 58 tiveram o DNA genômico extraído a partir de amostras do córtex. O processo de extração foi realizado de acordo com protocolo publicado por Carvalho et al. (2019), e a genotipagem foi realizada utilizando oito marcadores microsatélites codominantes específicos para a espécie, publicado por Gaiotto, Brondani & Grattapaglia (2001). O dimensionamento dos alelos foi realizado no sequenciador de DNA automatizado, 3500 Genetic Analyzer - Applied Biosystems, usando o software GeneMarker v.2.4 (HULCE et al., 2011) e LIZ 500 Size Standard.

2.5 Análises estatísticas

As estimativas dos componentes de variância, parâmetros genéticos e predição dos valores genéticos dos genótipos em estudo foram realizadas de forma individual, para cada característica, pelo método de máxima verossimilhança restrita (REML) e via melhor predição linear não viesada (BLUP), utilizando o seguinte modelo básico [1]:

$$y = Xb + Zg + \varepsilon \quad [1]$$

Onde: y é o vetor de dados ($n \times 1$); b é o vetor dos efeitos fixos, que alterou em função do grupo das características de análise (sendo: b constituído apenas pela média para características biométricas e de emergência e b constituído pela média e efeito dos diferentes tempos de

avaliação para características de desenvolvimento de mudas); g é o vetor dos efeitos aleatórios (efeito genético de genótipo) ($i \times 1$), com $g \sim N(0, \sigma_g^2)$, sendo σ_g^2 a variância genética; ε é o vetor de erros aleatórios, com $\varepsilon \sim N(0, \sigma_e^2)$, onde σ_e^2 é a variância residual (ou ambiental); e X e Z são matrizes de incidência para os efeitos fixos e aleatórios definidos, respectivamente.

As estimativas dos parâmetros genéticos foram obtidas a partir da equação abaixo [2]:

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

em que: h^2 é a herdabilidade do parâmetro; $\hat{\sigma}_g^2$ é a variância genotípica e $\hat{\sigma}_f^2$ é a variância fenotípica.

A verificação da existência de variabilidade entre os genótipos avaliados para as características em análise, foi realizado por meio do teste de razão de verossimilhança (LRT), baseado na diferença entre o modelo reduzido e o modelo completo, com a significância testada pelo teste qui-quadrado (χ^2) com um grau de liberdade (RESENDE, SILVA & AZEVEDO, 2014).

As estimativas de correlação foram obtidas por meio da equação descrita abaixo [3]:

$$r_{y_1 y_2} = \frac{Cov_{y_1 y_2}}{\sqrt{\sigma_{y_1}^2} \times \sqrt{\sigma_{y_2}^2}} \quad [3]$$

onde: $Cov_{y_1 y_2}$ é a covariância entre o par de característica, $\sigma_{y_1}^2$ variância da característica um; $\sigma_{y_2}^2$ é a variância da característica dois.

Antes de executar a análise de trilha, realizou-se o teste de multicolinearidade por meio do método de Fatores de Inflação de Variância (VIF), verificando a condição proposta por Montgomery & Peck (1992), sendo que, variáveis com VIF superiores a 5 foram removidas da análise. A qual foi baseada na matriz de correlação fenotípica, considerando como característica de efeito principal, o IQD.

Para a verificação da diversidade entre os acessos em estudo, o banco de dados foi filtrado mantendo apenas os indivíduos contemplados pelas análises fenotípicas e moleculares, sendo 59 indivíduos. A análise foi realizada em duas etapas: a primeira, realizou-se uma comparação entre os agrupamentos formados pelos dados fenotípicos versus os dados moleculares. Para isto, as distâncias entre os genótipos foram calculadas com base na distância

euclidiana média padronizada (DEMP) para os dados fenotípicos e para os dados moleculares, utilizou-se o índice não ponderado (CRUZ, FERREIRA & PESSONI, 2011). Na segunda etapa, para uma análise global da diversidade entre genótipos, as matrizes de dissimilaridades geradas anteriormente foram normalizadas para variarem de zero a um, e calculou-se uma nova matriz com as médias das distâncias das duas matrizes (fenotípica e molecular) normalizadas. O método de agrupamento utilizado para todos os casos foi o de ligação média entre grupos (UPGMA), com determinação do número de grupos pelo critério estatístico de Mojena (MOJENA, 1977), com $k=1,25$. A estimativa da significância de associação entre as matrizes formadas, foi obtida pelo teste de Mantel, com 500 permutações (MANTEL, 1967). As análises estatísticas foram realizadas no software de ambiente livre R (R CORE TEAM, 2020).

3. RESULTADOS

3.1 Parâmetros genéticos

Houve variabilidade genotípica entre os genótipos para todas as variáveis, detectada pelo teste χ^2 e LRT significativo. Na Tabela 1.1, são apresentados os testes da razão de máxima verossimilhança (LRT), os componentes de variância e os parâmetros genéticos estimados para a população formada pelos indivíduos em análise.

Tabela 1.1. Estimativas de componentes de variância e parâmetros genéticos em população de procedência de *Euterpe edulis*, por modelos de característica única, para: diâmetro equatorial do fruto (DEF) (mm), massa fresca do frutos (MFF) e semente (MFS) (g), índice de velocidade de emergência (IVE), tempo médio de emergência (TME), porcentagem de emergência (E), massa seca da parte aérea (MSPA) (g), massa seca total (MST) (g), índice de qualidade de Dickson (IQD), área foliar total (AFT) (cm²), diâmetro a altura do coleto (DAC) (mm), altura da planta (AP) (cm) e fluorescência variável/fluorescência máxima (F_v/F_m).

Par.	σ_g^2	σ_c^2	h^2	LRT
DEF	1,21	0,28	0,81	907,59***
MFF	87,11	1,08	0,99	846,01***
MFS	50,66	0,86	0,98	782,46***
IVE	0,01	0,00	0,76	207,37***
TME	160,42	76,81	0,68	147,08***
E	595,41	168,56	0,78	223,44***
MSPA	0,03	0,12	0,22	1894,10***
MST	0,09	0,44	0,16	898,50***
IQD	0,00	0,01	0,21	1504,05***
AFT	296,43	870,44	0,25	1068,13***
DAC	0,24	0,68	0,26	5782,25***
AP	4,79	11,49	0,29	4565,94***
F_v/F_m	0,001	0,01	0,20	92,80***

Par.: parâmetros; σ_g^2 : variância genética; σ_c^2 : variância ambiental; h^2 : herdabilidade; LRT: teste da máxima verossimilhança. *** Significativo baseado em um teste de χ^2 com 1 grau de liberdade ao nível de 1% de probabilidade.

As estimativas dos componentes de variância revelam que para as características relacionadas aos parâmetros biométricos (DEF, MFF e MFS) e de emergência (IVE, TME e E), a σ_g^2 superou as estimativas da σ_e^2 , evidenciando a maior influência dos efeitos genéticos sobre a expressão fenotípica destas características. Já as estimativas observadas para as variáveis relacionadas ao desenvolvimento das mudas (MSPA, MST, IQD, AFT, DAC, AP e F_v/F_m), revelam um efeito mais pronunciado sobre a expressão fenotípica destas características. Os resultados demonstram grupos distintos quanto aos valores de herdabilidade, com os parâmetros morfológicos de frutos e os da emergência apresentando valores mais altos, variando de 0,68 (TME) à 0,99 (MFF); e os parâmetros do crescimento inicial com valores mais baixos, entre 0,16 (MST) e 0,29 (AP), Isto demonstra um melhor controle genético nas variáveis de frutos e sementes, que decaí ao longo do crescimento das plântulas.

3.2 Correlação genética e fenotípica

As correlações entre as 13 variáveis foram significativas a 1% para a maioria das estimativas, sendo as r_g superiores às r_f , na maioria dos pares. Foram constatadas 53 correlações fenotípicas significativas, com coeficientes variando de -0,6 a 0,96. Sendo 35 significativas a 1%, 7 a 5%, 11 a 10% de confiança; e 25 não significativas (Figura 1.3A). Das r_g , são 55 correlações significativas, com coeficientes variando de 0,43 (RNS647 e GUA01; VNI11 e VNI13) a 1, entre diversas matrizes sendo 38 a 1%, 8 a 5%, 9 a 10% de confiança, e 23 não significativas (Figura 1.3B). Em relação às r_f e r_g , verificou-se uma grande similaridade entre os pares de características, em relação ao sentido e à magnitude das correlações (Figura 1.3). Em razão dessa similaridade e do maior valor prático nos trabalhos de melhoramento, as mesmas possuem natureza herdável, somente as r_g serão analisadas com maior detalhe.

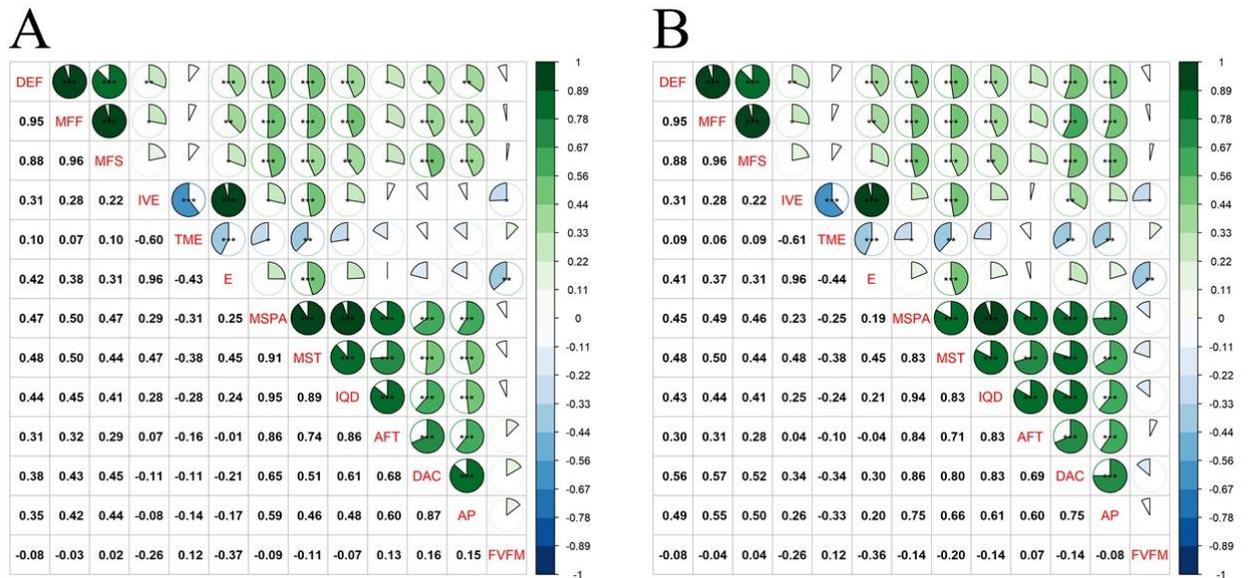


Figura 1.2. Correlação fenotípica (r_f) (A) e genética (r_g) (B) entre as características. Na diagonal superior está apresentada a significância e a correlação graficamente, enquanto na diagonal inferior está apresentada a correlação de forma numérica para as características, sendo elas: diâmetro equatorial do fruto (DEF) (mm), massa fresca do frutos (MFF) e semente (MFS) (g), índice de velocidade de emergência (IVE), tempo médio de emergência (TME), porcentagem de emergência (E), massa seca da parte aérea (MSPA) (g), massa seca total (MST) (g), índice de qualidade de Dickson (IQD), área foliar total (AFT) (cm²), diâmetro a altura do coleto (DAC) (mm), altura da planta (AP) (cm) e fluorescência variável/fluorescência máxima (F_v/F_m).

As variáveis biométricas de frutos (DEF, MFF e MFS) apresentaram r_g acima de 0,88, sendo consideradas altas, e ainda, uma das maiores r_g , de 0,96 entre MFF e MFS. Em relação aos parâmetros de emergência (IVE, TME e E), ocorreram correlações positivas, negativas e nulas, com a maior correlação ocorrendo entre IVE e E (0,96) (Figura 1.3B), demonstrando uma forte associação entre plântulas que emergem mais rápido com maiores porcentagens de emergência. O TME apresentou diversas associações negativas, principalmente com E (-0,44), mostrando que são desejados tempos médios menores para plantas mais vigorosas.

As r_g entre os parâmetros biométricas de frutos e de massa seca apresentaram valores médios, não indicando que possa haver uma forte relação entre frutos/sementes maiores e maiores produções de matéria secas das mudas. Os MSPA e MST apresentaram maiores associações com mudas de maior DAC (0,86 e 0,8) e AP (0,75 e 0,66), respectivamente.

Pode-se observar r_g médias de IQD com os parâmetros biométricos de fruto e semente (DEF, MFF e MFS), não demonstrando haver grande associação entre tamanho de fruto e semente com mudas de maior qualidade. Entre os parâmetros de emergência, o IQD não apresentou fortes correlações, indicando que sementes com baixa IVE e/ou E, não necessariamente conduzirão à mudas de baixa qualidade. As maiores associações com o IQD foram propriamente com as variáveis de caracterização das mudas, visto que quanto maior o índice é esperado mudas com maior qualidade e com melhores índices de crescimento.

Entre as variáveis de crescimento foram observadas fortes correlações positivas entre DAC e AP (0,75), mostrando que o crescimento em altura das mudas acompanha o crescimento do diâmetro, obtendo um equilíbrio no crescimento das mesmas tornando-as mais resistentes ao ambiente. O parâmetro fisiológico de F_v/F_m não apresentou fortes associações com outras variáveis do crescimento, não indicando haver relações do estresse fotossintético das plantas com maiores áreas foliares, sendo mais influenciado pelo ambiente no qual está inserida a muda.

3.3 Análise de trilha

A análise de trilha, considerando o IQD como variável principal, pode ser observada na Figura 1.4, com os efeitos diretos para o IQD e as correlações entre as características.

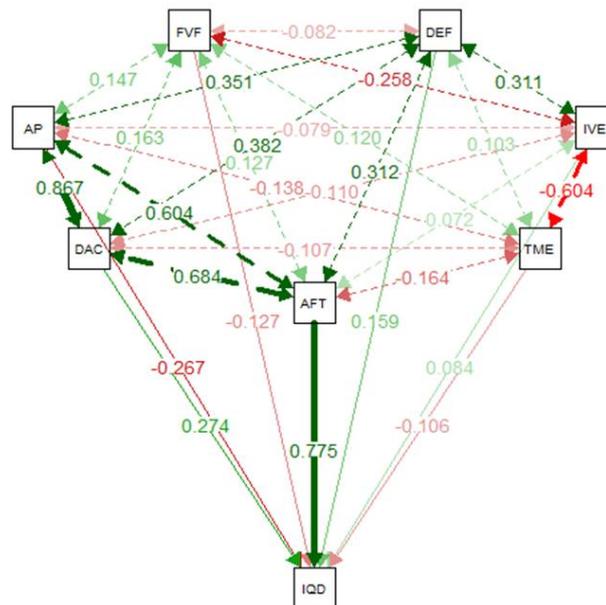


Figura 1.3. Análise de trilha entre as características diâmetro equatorial do fruto (DEF) (mm), índice de velocidade de emergência (IVE), tempo médio de emergência (TME), índice de qualidade de Dickson (IQD), área foliar total (AFT) (cm²), diâmetro a altura do coleto (DAC) (mm), altura da planta (AP) (cm) e fluorescência variável/fluorescência máxima (F_v/F_m). Coeficiente de determinação (R^2) = 83,45%; efeito da variável residual (EVR) = 0,4067.

A análise de multicolinearidade com todas as variáveis do estudo evidenciou a necessidade de remoção das variáveis MFF, MFS, IVE, TME e E, mantendo apenas aquelas que apresentavam VIF inferior a 5, não causando prejuízos a análise de trilha. Verifica-se, pelo coeficiente de determinação (R^2) de 83,45% e o efeito da variável residual (EVR) (0,4067) que o diagrama, com a remoção das variáveis, indica um bom ajuste de modelo para explicar as variações no IQD (Figura 1.4). No entanto, existem variáveis não consideradas nesta análise que influenciam no IQD.

Das sete variáveis explicativas restantes, nenhuma apresentou efeito direto igual ou acima do coeficiente de correlação (Figura 1.3). As variáveis AP, F_v/F_m e TME apresentaram

efeitos diretos negativos (-0,267, -0,127 e -0,106, respectivamente) sobre o IQD, não demonstrando influência sobre a variável principal. Entretanto, a variável AP deve ser analisada, pois a mesma possui efeitos indiretos sobre o IQD.

A AFT (0,775) e o DAC (0,274) (Figura 1.4), foram os caracteres mais influentes de forma direta no IQD, com efeitos diretos semelhantes e coeficientes de caminamento superiores à correlação com a qualidade de mudas. Em relação ao F_v/F_m , única variável fisiológica analisada, pode-se observar um efeito direto negativo fraco (-0,127) sobre o IQD, e efeitos indiretos fracos com as outras variáveis, apresentando fracos efeitos sobre a qualidade das mudas.

Além disso, a AP, mesmo não apresentando efeito direto positivo sobre o IQD (-0,267) (Figura 1.4), foi a variável que apresentou os maiores efeitos indiretos sobre AFT (0,604) e DAC (0,867), reforçando que a mesma não pode ser descartada visando mudas de melhor qualidade de *E. edulis*, mesmo porque ela apresentou uma r_g de 0,61 com IQD (Figura 1.3B). Isto demonstra que a r_g entre AP e IQD é mascarada pelo efeito indireto positivo do DAC sobre a AP, não apresentando efeito real sobre o IQD.

O efeito indireto do DEF sobre o IVE (0,311) consegue explicar por completo a r_g (0,31) (Figura 1.3) entre as duas características, não havendo efeitos indiretos de outras variáveis sobre a causa e efeitos das mesmas. O mesmo pode ser observado com as IVE e TME, com efeito indireto de -0,604 e r_g de -0,61; DAC e AFT (0,684 e r_g 0,69) e AP e AFT (0,604 e r_g 0,60).

3.4 Análise de diversidade

Para comparação dos resultados de diversidade entre informações fenotípicas e moleculares, analisou-se apenas os genótipos que estiveram em ambas caracterizações (genotípica e molecular). Deste modo que, 59 genótipos participaram das análises de diversidade. Baseado na matriz de distância entre os pares de genótipos de *Euterpe edulis* das diferentes procedências, gerada pela DEMP, a maior distância genética, baseado nos 13 descritores morfológicos, apresentou valor de 2,43 entre o par de genótipos VNI08 e VNI11. A menor distância observada foi entre AL10 e IBI08 com distância de 0,27, e o valor médio da distância entre todos os pares de genótipos foi de 1,34.

Utilizando o método hierárquico UPGMA, os genótipos em estudo foram separados em 6 grupos (Figura 1.5A): Grupo I (azul) formado por seis genótipos; Grupo II (vermelho) constituído por 19; Grupo III (laranja) cinco; Grupo IV (roxo), que agrupou a maior quantidade de genótipos, 25; Grupo V (verde) três e Grupo VI (cinza) construído pela menor quantidade de genótipo, apenas um indivíduo (RNS09). Em resumo, 46% das distâncias entre os pares de genótipos estavam acima da média.

As variáveis de frutos e de desenvolvimento demonstraram claramente a formação de grupos de indivíduos com variabilidade fenotípica em relação às variáveis que afetam a qualidade das mudas, enquanto os marcadores microssatélites demonstraram a diversidade entre indivíduos e menor distância entre grupos.

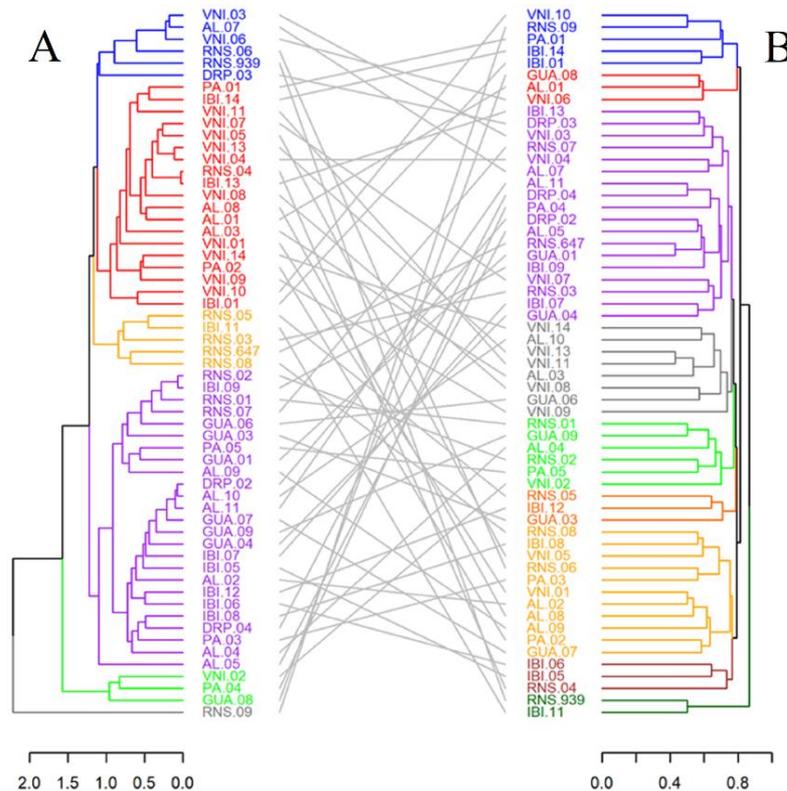


Figura 1.4. Dendrogramas gerados com base nos valores de dissimilaridade, com os valores genotípicos (A) e moleculares (B), obtidos pelo método da Distância Euclidiana Média Padronizada (DEMP) e pelo índice não ponderado (INP), respectivamente. Ambos agrupamentos gerados pelo método de ligação média entre grupos (UPGMA) e ponto de corte com $k=1,25$.

As distâncias obtidas pelo índice não ponderado, com uso de oito marcadores moleculares, apresentaram amplitude de distância variando de 0,43 (GUA01 e RNS647) a 1 (entre diversos indivíduos), com média de 0,77. Com os dados moleculares verificou-se a formação de um maior número de grupos, nove, (Figura 1.5B), dos quais: Grupo I (azul) formado por cinco genótipos; Grupo II (vermelho) três; Grupo III (roxo) 18; Grupo IV (cinza) oito; Grupo V (verde) seis, Grupo VI (laranja) três; Grupo VII (amarelo) 11; Grupo VIII (marrom) três e grupo IX (verde escuro) com dois genótipos. Dos pares de genótipos, 54% apresentaram valores de distância acima da média.

De acordo com os descritores utilizados para construção das matrizes de distância, quando comparado a formação dos grupos entre ambos os métodos utilizados, notamos que os genótipos em análise foram distribuídos em agrupamentos bastantes distintos (Figura 1.5). Sustentando os resultados obtidos pelo teste de Mantel, que evidenciou ausência de correlação entre as duas matrizes de distâncias geradas ($r = -0,018$, p -valor = 0,6751).

A partir da combinação das informações moleculares e genóticas, obtidas nas análises de diversidade, gerou-se o dendrograma apresentado na Figura 1.6. A análise conjunta com marcadores microssatélites e os valores genóticos, resultou em distância média entre os pares genéticos de 0,55, com valor mínimo 0,15 entre GUA01 e RNS647, e distância máxima de 0,92, entre IBI11 e VNI06.

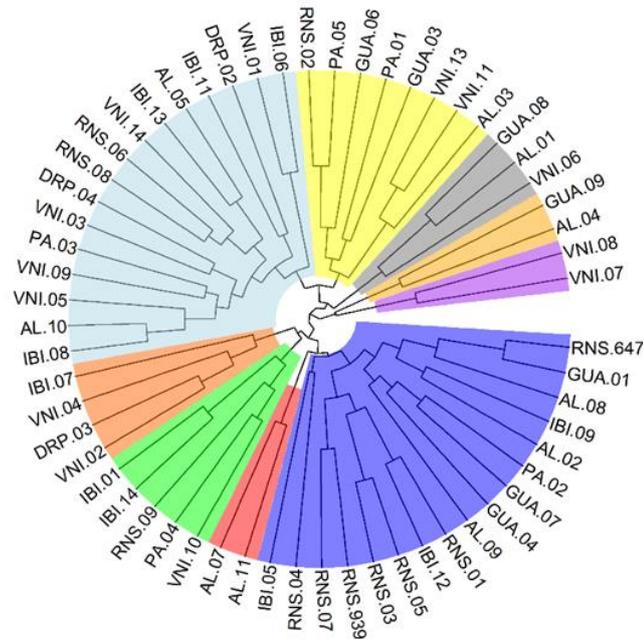


Figura 1.5. Dendrogramas gerados com base nos valores de dissimilaridade médio das matrizes de distância individuais genotípica e molecular, obtidas pelo método da Distância Euclidiana Média Padronizada (DEMP) e pelo índice não ponderado (INP), respectivamente. O agrupamento foi gerado pelo método de ligação média entre grupos (UPGMA) e o ponto de corte determinado segundo Mojena (MOJENA, 1977) com $k=1,25$.

Com o uso de todo conjunto de informações, nove grupos distintos foram formados, dos quais o Grupo I (roxo) foi formado por dois genótipos; grupo II (laranja) dois; grupo III (cinza) três; grupo IV (amarelo) oito; grupo V (azul claro) 16; grupo VI (laranja escuro) quatro; grupo VII (verde) cinco; grupo VIII (vermelho) dois e grupo IX (azul escuro) formado por 17 genótipos. No geral, a distribuição das distâncias não apresentou assimetria, de modo que, foi observado 50% dos valores acima e 50% abaixo da média das distâncias dos pares genóticos.

4. DISCUSSÕES

4.1 Parâmetros genéticos

As diferenças fenotípicas e genéticas entre os indivíduos evidenciam a existência de variabilidade genética dos caracteres fenotípicos avaliados. Sabendo ainda que, as características em sua maioria apresentam forte controle genético, como observado pelas h^2

(Tabela 1). O uso de dados fenotípicos em análises de diversidade fornece resultados que auxiliem na caracterização da diversidade de populações.

Pelo fato do *E. edulis* ser uma espécie selvagem, é esperado encontrar variação no comportamento entre diferentes indivíduos. Porém, a detecção de grande parte da variação em caracteres de frutos ser controlada por fatores genéticos e da forte influência ambiental nos caracteres de desenvolvimento inicial (Tabela 1), são informações que dão suporte ao avanço dos projetos de conservação da espécie e os primeiros passos aos programas de melhoramento, por meio da possibilidade de uso das informações morfológicas como parâmetros para uma classificação e avaliação inicial rápida dos indivíduos de uma população (IBIRINDE et al., 2019).

A significância do teste χ^2 é um indicativo de que a população gerada a partir das sementes coletadas de diferentes procedências, pode ser utilizada na construção de um banco de germoplasma para conservação *ex situ*, com possibilidade de evitar futuros cruzamentos endogâmicos, evitando a redução do tamanho efetivo populacional. Este indicativo é sustentado pois, como tratamos de variáveis quantitativas e temos o conhecimento de que grande parte da variação fenotípica é controlada por componentes genéticos (Tabela 1), podemos pressupor que a variação nas respostas morfológicas entre os genótipos é, em grande parte, respostas diretas dos diferentes efeitos poligênicos que constituem cada indivíduo. E como observamos na Tabela 1, apresentam diferenças significativas entre si.

O uso de caracteres morfoagronômicos para distinção de genótipos de *E. edulis* também foi verificada em outros trabalhos (MARÇAL et al., 2020; SOLER-GUILHEN et al., 2020), assim como para o *E. oleracea*, pertencente ao mesmo gênero (OLIVEIRA, FERREIRA & SANTOS, 2007). Mesmo que os caracteres e métodos variem entre os trabalhos, a eficiência do uso de informações morfológicas para estudo da variabilidade genética entre indivíduos é comprovada.

O fato de a variância fenotípica ser explicada, em sua maioria pela variância genética, para os parâmetros biométricos dos frutos, pode ser observado nos estudos de Mendes et al. (2019), com o *Oenocarpus*, e de Côrrea, Silva & Mariguele (2020), com *Astrocaryum aculeatum*, sugerindo uma baixa influência ambiental nestas características, o que é desejado no programa de melhoramento de *E. edulis* pois são variáveis de fácil mensuração. Já para as variáveis de crescimento, onde a variância ambiental contribuiu mais para a variância fenotípica, foram observados para as variáveis de altura e diâmetro em plantas jovens de *E. oleracea* (YOKOMIZO et al., 2012).

Por estar em estágios iniciais de melhoramento, são escassos os trabalhos que avaliam parâmetros genéticos do *E. edulis*. Neste sentido, quando comparamos a h^2 observada para a

variável de emergência, podemos classificá-la como elevada (0,78), estando em patamares similares a outras espécies de sua família botânica, como foi observado para *Oenocarpus* spp. (0,92) (SILVA, MOTA & FARIAS NETO, 2009) e *E. oleracea* (0,43) (OLIVEIRA & FARIAS NETO, 2006).

A h^2 não é um parâmetro genético estático e imutável associado a uma população ou espécie (VENCOVSKY & BARRIGA, 1992), seus termos são variáveis em função de uma série de influências associadas a fatores ambientais e diversidade genética dos materiais avaliados. Neste sentido, podemos pressupor que, as estimativas de h^2 associadas às características relacionadas ao desenvolvimento de mudas são menores em relação aos demais parâmetros avaliados, pelo fato de estarem sujeitas a influências externas durante um período maior. Sabe-se que em análises experimentais, alguns fatores residuais são desconhecidos, portanto não controlados, e acontecem ao longo da condução das avaliações. Logo, a influência cumulativa destes pequenos efeitos indesejáveis sobre a grande quantidade de genes que controlam estas características quantitativas, resulta em aumento da variância residual e consequentemente, na redução das estimativas das herdabilidades.

4.2 Correlação genética e fenotípica

A associação fenotípica e genética entre dois caracteres quantitativos em uma determinada população pode ser avaliada pelos coeficientes r_f e r_g . O conhecimento da correlação fenotípica e genética entre os caracteres pode ser fundamental para a seleção simultânea de vários caracteres; quando o caráter de interesse revela baixa herdabilidade, ou que seja de difícil mensuração; bem como em ganho de tempo e economia de recursos, em relação à seleção isolada para um determinado caráter (FALCONER & MACKAY, 1996).

As maiores correlações genotípicas ocorreram entre os caracteres de biometria dos frutos, sendo caracteres desejados para realização de futuros processos de seleção indireta, pois mostram uma associação de natureza herdável entre essas características. Tais resultados estão de acordo com Marçal et al. (2015), que constataram maiores correlações genotípicas superiores às fenotípicas, ao avaliarem caracteres de frutos de juçara.

O fato das baixas r_g entre as variáveis de emergência pode estar relacionado com um melhor aproveitamento das reservas das sementes nos primeiros dias da semeadura (MARTINS-CORDER & SALDANHA, 2006), com a influência ambiental aumentando de acordo com o esgotamento das reservas (VENTURI & PAULILO, 1998) e aumento da produção de fotoassimilados pelo maior crescimento de sua parte aérea. Tais resultados foram observados por Neuburguer, Souza & Paulilo (2010), onde o crescimento de plântulas de *E. edulis* parece ser independente dos fatores ambientais enquanto há reservas na semente. No

entanto, deve-se haver cuidado quando uma variável se correlaciona positivamente com alguns e negativamente com outros, como no caso do IVE em relação ao TME (-0,44) e E (0,96) (Figura 1.3B), pois ao selecionar um que possui efeito direto positivo sobre uma determinada característica, o mesmo pode provocar mudanças indesejáveis em outros, devido a correlação indireta negativa (CRUZ & CARNEIRO, 2003).

Ainda, como observado por Foléis et al. (2012) um maior tamanho dos frutos e /ou sementes não afeta a porcentagem e o índice de velocidade de germinação da espécie, como visto na Figura 1.3B, onde as associações entre os parâmetros biométricos de frutos e sementes não apresentaram valores altos.

Os resultados entre a r_g da biometria de frutos e sementes e os parâmetros da emergência, vai de encontro com o estudo de Martins et al. (2009), que observaram que sementes de *E. edulis* apresentam desempenho germinativo similar independente de seu diâmetro e de seus teores de água. Já em relação a produção de matéria seca (MSPA e MST), não havendo neste presente estudo fortes correlações entre tamanho de sementes, foram observados o oposto por Silva et al. (2017) com a espécie *E. oleracea*, pois sementes maiores proporcionaram mudas mais vigorosas.

Para a realização do cálculo de IQD, são considerados atributos morfológicos que expressam a robustez da muda, entre eles está a MSPA, dependente do crescimento da parte aérea das plântulas (FERRAZ & ANGEL, 2011). Porém, mesmo utilizando parâmetros que podem ser realizados de maneira prática (FONSECA et al., 2002), o IQD necessita da morte da plântula para ser realizado, sendo desejável avaliar associações com variáveis mais simples.

As fortes associações positivas entre IQD com as variáveis do crescimento AFT, DAC e AP (0,83, 0,83 e 0,61, respectivamente) (Figura 1.3), indica haver a possibilidade de se realizar uma seleção indireta de mudas com maior qualidade de *E. edulis* com estes parâmetros. Isto é ótimo para a produção de mudas, pois estas variáveis são de fácil obtenção, e podem ser realizadas sem a destruição das mudas (SOUZA, 2021).

Nas medições da fluorescência da clorofila *a* as principais variáveis observadas são: fluorescência inicial (F_0), fluorescência máxima (F_m), fluorescência variável (F_v), e o rendimento quântico máximo do PSII (F_v/F_m). A F_0 representa a fluorescência com todos os centros de reação “abertos” e refere-se à emissão de fluorescência pelas moléculas de clorofila *a* do complexo coletor de luz do PSII (KRAUSE & WEISS, 1991). A F_m indica a completa redução da quinona A (QA) a partir da incidência de um pulso de luz no centro de reação QA, gerando a fluorescência máxima. A diferença entre F_m e F_0 resulta na fluorescência variável (F_v). A F_v representa o fluxo de elétrons do centro de reação do PSII (P680) até a plastoquinona (PQH2).

Mesmo parecendo ser de difícil cálculo, o aparelho utilizado neste estudo permite a rápida leitura do F_v/F_m , sendo uma variável desejado para associações. Sua interpretação é feita, quando uma planta está com seu aparelho fotossintético intacto, o F_v/F_m deve variar entre 0,75 e 0,85 (BOLHÀR-NORDENKAMPF et al., 1989; FU, LI & WU, 2012), enquanto a diminuição nesta razão revela danos nos centros de reação do *PSII*, ocasionando fotoinibição (BJÖRKMAN & DEMMING, 1987; SHARMA et al., 2015).

As fracas r_g entre a variável F_v/F_m com as demais são esperadas pois os valores de fluorescência da clorofila são muito afetados pela quantidade de luz recebida na folha das plântulas. Ou fator importante é que a espécie responde muito rapidamente à disponibilidade de luz, quando exposta à luz intensa, conseguindo se adaptar com as condições de luminosidade (LAVINSKY et al., 2014).

Para que os programas de melhoramento sejam mais eficazes, deve ser conferida grande importância a estudos de caracteres correlacionados, pois possibilitam ao melhorista obter progressos mais rápidos, pela possibilidade de seleção indireta do caráter desejado (CARVALHO, LORENCETTI & BENIN, 2004; HALLAUER, 2007). Desta forma a resposta de um caráter correlacionado pode ser predita, se são conhecidas a correlação genética e as herdabilidades dos dois caracteres, possibilitando alcançar progressos mais rápidos pela seleção indireta (FALCONER & MACKAY, 1996).

4.3 Análise de trilha

Apenas a análises dos coeficientes de correlação podem fornecer resultados incorretos sobre a população de estudo (KHAN et al., 2016), pois as mesmas não possibilitam verificar as causas e efeitos (KANG et al., 1983). Assim torna-se necessário a realização da análise de trilha, pois com ela é possível conhecer as influências dos caracteres morfológicos avaliados sobre a qualidade das mudas, complementando os resultados obtidos pelas correlações, possibilitando verificar as causas e efeitos (KANG, MILLER & TAI, 1983).

Com a remoção das variáveis que apresentaram valores de VIF superior a cinco, a análise apresentou estimativa R^2 , superior a 0,70, e EMR (0,4067) representando um bom ajuste entre a representação gráfica das distâncias genéticas entre os genótipos e sua matriz original (CRUZ CARNEIRO & REGAZZI, 2014), pois a existência de pelo menos um VIF, com valor superior a cinco, é suficiente para que os coeficientes de regressão associados a esses valores sejam altamente influenciados pela multicolinearidade (MOJENA, 1977; FERRARI, 1989; MONTGOMERY & PECK, 1992).

No caso de alta correlação e baixo efeito direto, a melhor estratégia para proporcionar ganhos satisfatórios na variável principal é a seleção simultânea das variáveis, com ênfase,

também naqueles cujos efeitos indiretos sejam significativos (CRUZ & CARNEIRO, 2006). Assim, pode-se dizer que a AP é uma variável com influência no IQD devido a seu efeito indireto positivo sobre AFT (0,684), mesmo apresentando efeito negativo sobre IQD.

AFT e DAC são as principais determinantes na variação do IQD, sendo possível realizar uma seleção indireta no futuro. Porém, como suas estimativas de h^2 foram médias (0,25 e 0,26, respectivamente) (Tabela 1.1), a seleção indireta com base nessas variáveis pode resultar em ganhos pouco expressivos (CRUZ, REGAZZI & CARNEIRO, 2012). Em um estudo com as espécies *Eucalyptus grandis* e *Pinus elliottii* var. *elliottii*, Binotto, Lúcio & Lopes (2010) também encontraram maiores efeitos do DAC sobre o IQD, sendo a variável mais propícia para indicar qualidade de muda.

Estes resultados apontam para um êxito ao realizar uma futura seleção indireta com os parâmetros AP, DAC, e AFT, facilitando a obtenção de mudas com maior qualidade com bases nas variáveis de mais fácil mensuração (SILVA et al., 2016) e não destrutivas, no entanto os ganhos podem não ser expressivos, devido a h^2 das variáveis serem medianas (CRUZ, REGAZZI & CARNEIRO, 2012).

4.4 Análise de diversidade

A diversidade genética vem sendo caracterizada de forma eficiente por meio de marcadores moleculares para *E. edulis*, utilizando marcadores microssatélites (GAIOTTO et al., 2003; CONTE, REIS & VENCOSKY, 2006; NOVELLO et al., 2018), assim como em outras espécies do gênero *Euterpe* (OLIVEIRA et al., 2010; AZÊVEDO et al., 2017).

O grande número de genótipos com distâncias genéticas acima da média (54% para distâncias genotípicas e 50% para as agrupadas), também é observado por Galate et al. (2014) ao analisarem distância fenotípicas em *E. oleracea* por meio de distância euclidiana média, e UPGMA, com 14 caracteres morfo agrônômicos, confirmando uma ampla divergência genética na população de estudo. Ainda, os autores indicam a grande capacidade de futuros cruzamentos, explorando valores genéticos aditivos na população, e conseqüentemente, a heterose entre os indivíduos.

Nesse sentido, Vieira et al. (2007) estabeleceram a hipótese de que para se obter um conhecimento mais completo do grau de divergência entre acessos é necessário considerar separadamente as análises com dados fenotípicos e moleculares, para que seja possível chegar a uma conclusão final a respeito da divergência genética apresentada entre os indivíduos analisados. Contudo, há a possibilidade de utilização de um índice de dissimilaridade de forma conjunta, paralelamente a análises individuais das dissimilaridades, também contribui para a interpretação dos resultados (VIEIRA et al., 2013). Neste sentido, os resultados obtidos

mostraram que o uso destas abordagens, geraram informações cruciais para construção e instalação do banco de germoplasma *ex situ* de *E. edulis*, como será discutido abaixo.

O primeiro destaque é para as informações obtidas pela análise de diversidade, foi ela que mostrou que a coleta foi eficiente em amostras de indivíduos divergentes dentre do mesmo município. Pois, nos dendrogramas gerados (Figura 1.5 e 1.6), observa-se distribuição variada entre os grupos dos genótipos amostrados nos mesmos municípios, não ocorrendo agrupamentos definidos por localização geográfica. Este mesmo padrão foi observado no trabalho de Martins-Corder et al. (2009) onde os resultados indicaram que não houve uma relação direta entre distância geográfica e genética. Com isso, podemos concluir que as coletas se mostraram eficazes para amostragem de uma ampla base genética da espécie em várias localidades.

A alta diversidade intrapopulacional, ou seja, entre indivíduos, de *E. edulis* é relatada em estudos desenvolvidos em populações naturais, sendo relacionada a fatores de: funcionamento do sistema reprodutivo, padrões de dispersão de pólen e sementes, grau de fragmentação e conservação de remanescentes florestais, além da procedência geográfica (GAIOTTO, GRATTAPAGLIA & VENCOVSKY et al., 2003; CONTE, REIS & VENCOVSKY, 2008).

No entanto, a diversidade entre populações geralmente é relatada como baixa (MORAES et al., 2020). Mesmo com esses relatos de diversidade, trabalhos com marcadores moleculares (MAÊDA, ABREU & SILVA, 2012) mostram que as populações naturais sofrem com processo de endogamia (MORAES et al., 2020). Logo, é fundamental para a espécie que bancos de germoplasmas sejam construídos, para que desta forma, a base genética da espécie seja conservada. Neste sentido, como já mencionado, os resultados observados de diversidade, revelam elevado potencial para a construção de germoplasmas *ex situ* com elevada riqueza alélica, que auxiliará na distribuição de sementes com elevada diversidade para que, de forma efetiva, auxilie no enriquecimento de fragmentos florestais e preservação da espécie.

A diferença observada nos grupos formados com o uso de informações moleculares e genotípicas (Figura 1.5) é confirmada pela ausência de correlação entre as matrizes de distância, observada pelo teste de Mantel. O uso conjunto de ambas informações é necessário, para que desta forma, a caracterização e diferenciação dos genótipos sejam feitas com maior eficiência (VIEIRA et al., 2013). Logo, os resultados observados na Figura 1.6, devem ser utilizados como guia para a instalação do germoplasma em campo. Pois, desta maneira, será possível aproximar genótipos mais divergentes no campo, para favorecer o cruzamento entre estes, visando maximizar a diversidade das progênes futuras e evitar a depressão endogâmica por cruzamento entre indivíduos próximos geneticamente.

Além disto, o sucesso de programas de melhoramento está baseado na existência de variabilidade na população de estudo, recomendando-se o inter cruzamento entre cultivares de divergente entre si (CRUZ, FERREIRA & PESSONI, 2011). Logo, podemos concluir que esta população é um potencial refúgio de grande riqueza alélica para a espécie, com potencial de ser uma população de primeiro ciclo de seleção em programas de melhoramento. Onde, provavelmente, indivíduos de grande potencial podem ser encontrados e que, as progênies selecionadas terão grande diversidade genética para garantir programas de melhoramento ao longo dos anos.

5. CONCLUSÕES

As variáveis de biometria de frutos e sementes, e de emergência apresentaram os maiores valores de herdabilidade, apresentando-se como mais eficientes para distinção de genótipos de *E. edulis*, em comparação aos caracteres de crescimento inicial.

Maiores r_g ocorreram entre os caracteres biométricos de frutos e sementes e entre os parâmetros de crescimento. Não foram observadas r_g entre o F_v/F_m e as outras variáveis.

A análise de trilha permitiu observar o forte efeito direto da variável AFT sobre o IQD, assim como o forte efeito indireto da AP sobre o DAC.

A melhor estratégia para orientar ações de conservação e uso de germoplasma de *E. edulis* é por meio de estudos de divergência genética com o emprego de marcadores moleculares e caracteres fenotípicos de forma conjunta e complementar.

A diversidade encontrada possibilita a orientação de cruzamentos dirigidos no futuro, assim como para indivíduos fornecedores de sementes.

6. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ANJOS, A. dos. **Planejamento de Experimentos I** (Notas de Aula). Curitiba, PR: Universidade Federal do Paraná. 2005. 98 p.
- AZÊVEDO, H. F. et al. Transferability of heterologous microsatellite loci between species of *Euterpe* genus. **Genetics and Molecular Research**, v. 16, n. 4, p. 1-7, 2017.
- BAPTISTA, S. de L. et al. Biological activities of acai (*Euterpe oleracea* Mart.) and jucara (*Euterpe edulis* Mart.) intake in humans: an integrative review of clinical trials. **Nutrition Reviews**, v. 79, n. 12, p. 1375-1391, 2021.
- BINOTTO, A. F.; LÚCIO, A. D.; LOPES, S. J. Relações entre variáveis de crescimento e o índice de qualidade de Dickson em mudas florestais. **Cerne**, v. 16, n. 4, p. 457-464, 2010.
- BJÖRKMAN, O.; DEMMIG, B. Photon yield of O₂ evolution and chlorophyll fluorescence characteristics at 77 K among vascular plants of diverse origins. **Planta**, v. 170, n. 4, p. 489-504, 1987.
- BOLHÀR-NORDENKAMPF, H. R. et al. Chlorophyll fluorescence as probe of the photosynthetic competence of leaves in the field: a review of current instrument. **Functional Ecology**, v. 3, n. 4, p. 497-514, 1989.
- CARVALHO, F. I. F. de; LORENCETTI, C.; BENIN, G. **Estimativas e implicações da correlação no melhoramento vegetal**. Pelotas: UFPel, v. 142, 2004. 142 p.
- CARVALHO, M. S. et al. DNA de alta qualidade isolado a partir do córtex de *Euterpe edulis* Mart. (Arecaceae). **Ciência Florestal**, v. 29, n.1, p. 396-402, 2019.
- CARVALHO, M. S. et al. Genetic diversity and population structure of *Euterpe edulis* by REML/BLUP analysis of fruit morphology and microsatellite markers. **Crop Breeding and Applied Biotechnology**, v. 20, n. 4, e31662048, 2020.
- CONTE, R.; REIS, M. S.; VENCOVSKY, R. Effects of management on the genetic structure of *Euterpe edulis* Mart. populations based on microsatellites. **Scientia Forestalis**, v. 72, p. 81-88, 2006.
- CORRÊA, L. de J.; SILVA, L. C. da; MARIGUELE, K. H. Parâmetros genéticos de uma população de *Astrocaryum aculeatum* Meyer de ocorrência natural em área de pastagem em Roraima - Brasil. **Revista de la Facultad de Agronomía**, v. 119, n. 2, p. 1-8, 2020.
- COSTA, G. N. dos S. et al. Desenvolvimento de um iogurte sabor juçai (*Euterpe edulis* Martius): avaliação físico-química e sensorial. **Revista eletrônica TECCEN**, v. 5, n. 2, p. 43-58, 2012.
- CRUZ, C. D.; CARNEIRO, P. C. S; REGAZZI, A. J. **Modelos biométricos aplicados ao melhoramento genético**. 3. ed. Viçosa: UFV, 2014.
- 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: UFV, 2012. 514 p.
- CURSI, P. R.; CICERO, S. M. Fruit processing and the physiological quality of *Euterpe edulis* Martius seeds. **Journal of Seed Science**, v. 36, n. 2, p. 134-142, 2014.
- DICKSON, A.; LEAF, A. L.; HOSNER, J. F. Quality appraisal of white spruce and white pine seedling stock in nurseries. **The Forestry Chronicle**, v. 36, n. 1, p. 10-13, 1960.
- DOURADO, C. L. et al. Selection strategies for growth characters and rubber yield in two populations of rubber trees in Brazil. **Industrial Crops and Products**, v. 118, p. 118-124, 2018.
- DUMROESE, R. K.; LUNA, T.; LANDIS, T. D. (ed.). **Nursery manual for native plants: A guide for tribal nurseries – Volume 1: Nursery management**. Agriculture Handbook 730. Washington, D.C.: U.S. Department of Agriculture, Forest Service. 2009. 302 p.

- FALCONER, D. S. **Introdução à genética quantitativa**. 1. ed., 2. impr. Viçosa, MG: UFV, 1987. 279 p.
- FALCONER, D. S.; MACKAY, T. F. **Introduction to quantitative genetics**. 4.ed. Londres: Longman Group, 1996. 464 p.
- FELZENSZWALB, I. et al. Toxicological evaluation of *Euterpe edulis*: a potential superfruit to be considered. **Food and Chemical Toxicology**, v. 58, p. 536-544, 2013.
- FERRARI, F. **Estimadores viesados para modelos de regressão em presença de multicolinearidade**. Tese de Doutorado (Estatística de Experimentação Agrônômica). Piracicaba, SP: USP-ESALQ, 127 p. 1989.
- FOLÉIS, G. R. S. et al. Tamanho do diásporo e substratos na germinação de sementes de palmeira Jussara (*Euterpe edulis* Mart.). **Magistra**, v. 24, n. 2, p. 103-107, 2012.
- FONSECA, É. de P. et al. Padrão de qualidade de mudas de *Trema micrantha* (L.) Blume, produzidas sob diferentes períodos de sombreamento. *Revista Árvore*, v. 26, n. 4, p. 515-523, 2002.
- FU, W.; LI, P.; WU, Y. Effects of different light intensities on chlorophyll fluorescence characteristics and yield in lettuce. **Scientia Horticulturae**, v. 135, p. 45-51, 2012.
- GAIOTTO, F. A.; BRONDANI, R. P. V.; GRATTAPAGLIA, D. Microsatellite markers for heart of palm–*Euterpe edulis* and *E. oleracea* Mart. (Arecaceae). **Molecular Ecology Notes**, v. 1, n. 1-2, 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**, v. 94, n. 5, p. 399-406, 2003.
- GALATE, R. dos S. et al. Distância fenotípica entre matrizes de açaizeiro (*Euterpe oleracea* Mart.) procedentes do nordeste do Pará. **Semina: Ciências Agrárias**, v. 35, n. 4, p. 1667-1681, 2014.
- GARCIA, J. A. A. et al. Chemical composition and biological activities of Juçara (*Euterpe edulis* Martius) fruit by-products, a promising underexploited source of high-added value compounds. **Journal of Functional Foods**, v. 55, p. 325-332, 2019.
- HALLAUER, A. R. History, contribution, and future of quantitative genetics in plant breeding: lessons from maize. **Crop Science**, v. 47, n. 3, p. 4-19, 2007.
- HULCE, D.; LI, X.; SNYDER-LEIBY, T. GeneMarker® Genotyping Software: Tools to increase the statistical power of DNA fragment analysis. **Journal of Biomolecular Techniques**, v. 22, Suppl, 35–36. PMID: PMC3186482, 2011.
- IBIRINDE, D. O. et al. Assessment of seed and tuber production potential in varieties of *Sphenostylis stenocarpa* (Africa Yam Bean). **Agricultural Sciences**, v. 10, p. 870-881, 2019.
- JOLY, C. A.; METZGER, J. P.; TABARELLI, M. Experiences from the Brazilian Atlantic Forest: ecological findings and conservation initiatives. **New Phytologist**, v. 204, n. 3, p. 459-473, 2014.
- KANG, M. S.; MILLER, J. D.; TAI, P. Y. P. Genetic and phenotypic path analyses and heritability in sugarcane. **Crop Science**, v. 23, n. 4, p. 643-647, 1983.
- KHAN, A. S. M. M. R. et al. Variability, heritability, character association, path analysis and morphological diversity in snake gourd. **Agriculture and Natural Resources**, v. 50, n. 6, p. 483-489, 2016.
- KRAUSE, G. H.; WEIS, E. Chlorophyll fluorescence and photosynthesis: the basics. **Annual Review of Plant Biology**, v. 42, n. 1, p. 313-349, 1991.
- LABOURIAU, L. G.; VILADARES, M. E. B. On the germination of seeds of *Calotropis procera* (Ait.) Ait. f. **Anais da Academia Brasileira de Ciências**, v. 48, n. 2, p. 263-284, 1976.
- LAVINSKY, A. O. et al. Photosynthetic acclimation in shade-developed leaves of *Euterpe edulis* Mart (Arecaceae) after long-term exposure to high light. **Photosynthetica**, v. 52, n. 3, p. 351-357, 2014.

- MACIEL, L. D. O.; MOURA, N. F.; LEONARDI, A. Cadeia produtiva do açaí juçara na região do litoral norte do Rio Grande do Sul. **Revista Teoria e Evidência Econômica**, v. 25, n. 52, p. 29-53, 2021.
- MAÊDA, J. M.; ABREU, H. dos S.; SILVA, S. P. Ocorrência de albinismo e estimação de endogamia em uma população de *Euterpe edulis* Mart. **Floresta e Ambiente**, v. 12, n. 2, p. 71-74, 2012.
- MAGUIRE, J. D. Speed of germination—Aid in selection and evaluation for seedling emergence and vigor. **Crop Science**, v. 2, n. 2, p. 176-177, 1962.
- MANTEL, N. The detection of disease clustering and a generalized regression approach. **Cancer Research**, v. 27, n. 2, p. 209-220, 1967.
- MARÇAL, T. de S. et al. Correlações genéticas e análise de trilha para caracteres de fruto da palmeira juçara. **Revista Brasileira de Fruticultura**, v. 37, n. 3, p. 692-698, 2015.
- MARÇAL, T. de S. et al. Genetic diversity of *Euterpe edulis* Martius based on fruit traits. **Bioscience Journal**, v. 36, n.5, p. 1549-1556, 2020.
- MARTINELLI, G. (org.); MORAES, M. A. (org.). **Livro vermelho da flora do Brasil**. 1. ed. Rio de Janeiro, RJ: Andrea Jakobson: Instituto de Pesquisas Jardim Botânico do Rio de Janeiro, 2013. 1100 p.
- MARTINS-CORDER, M. P.; SALDANHA, C. W. Germinação de sementes e crescimento de plântulas de diferentes progênies de *Euterpe edulis* Mart. **Revista Árvore**, v. 30, n. 5, p. 693-699, 2006.
- MARTINS, C. C. et al. Tamanho e secagem de sementes de palmeira Jussara sobre a germinação e o vigor. **Revista Caatinga**, v. 22, n. 2, p.115- 118, 2009.
- MENDES, G. G. C. et al. Genetic divergence of native palms of *Oenocarpus distichus* considering biometric fruit variables. **Scientific Reports**, v. 9, n. 1, p. 1-9, 2019.
- MOJENA, R. Hierarchical grouping methods and stopping rules: an evaluation. **The Computer Journal**, v. 20, n. 4, p. 359-363, 1977.
- MONTGOMERY, D. C.; PECK, E. A. **Introduction to Linear Regression Analysis**. 2ª ed. New York: John Wiley & Sons (Probability and Statistics Series; 1st edition, 1983), 1992. 504 p.
- MYERS, N. et al. Biodiversity hotspots for conservation priorities. **Nature**, v. 403, n. 6772, p. 853-858, 2000.
- NASCIMENTO, R. de P. do et al. The preventive and therapeutic potential of native Brazilian fruits on colorectal cancer. **Food Bioscience**, v. 46, 101539, 2022.
- NOVELLO, M. et al. Genetic conservation of a threatened neotropical palm through community-management of fruits in agroforests and second-growth forests. **Forest Ecology and Management**, v. 407, n. 1, p. 200-209, 2018.
- OLIVEIRA, M. do S. P. de; FARIAS NETO, J. T. de. Variação genética entre progênies de açaizeiro para caracteres de emergência. **Revista de Ciências Agrárias**, n. 45, p. 283-290, 2006.
- OLIVEIRA, M. do S. P. de; FERREIRA, D. F.; SANTOS, J. B. dos. Divergência genética entre acessos de açaizeiro fundamentada em descritores morfoagronômicos. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v. 42, n. 4, p. 501-506, 2007.
- OLIVEIRA, M. do S. P. de et al. Variabilidade genética entre acessos de açaizeiro utilizando marcadores microsatélites. **Ciência e Agrotecnologia**, v. 34, n. 5, p. 1253-1260, 2010.
- PAKNEJAD, F. et al. Effects of drought stress on chlorophyll fluorescence parameters, chlorophyll content and grain yield of wheat cultivars. **Journal of Biological Sciences**, v. 7, n. 6, p. 841-847, 2007.
- RAMOS, S. L. F. et al. Mating system analysis of Açaí-do-Amazonas (*Euterpe precatória* Mart.) using molecular markers. **Crop Breeding and Applied Biotechnology**, v. 19, n. 1, p. 126-130, 2019.
- RESENDE, M. D. V de. **Análise estatística de modelos mistos via REML/BLUP na experimentação em melhoramento de plantas perenes**. Colombo: Embrapa Florestas (Documentos, 47), 2000. 101 p.

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

RESENDE, M. D. V. de; SILVA, F. F.; AZEVEDO, C. F. **Estatística matemática, biométrica e computacional: modelos mistos, multivariados, categóricos e generalizados (REML/BLUP), inferência Bayesiana, regressão aleatória, seleção genômica, QTL-GWAS, estatística espacial e temporal, competição, sobrevivência**. Viçosa, MG: Suprema, 2014. 881 p.

RIBEIRO, L. de O.; MENDES, M. F.; PEREIRA, C. de S. S. Avaliação da composição centesimal, mineral e teor de antocianinas da polpa de juçará (*Euterpe edulis* Martius). **Revista Eletrônica TECCEN**, v. 4, n. 3, p. 05-16, 2011.

RODRIGUES, E. C. N.; RIBEIRO, S. da C. A.; SILVA, F. L. da et al. Influência da cadeia produtiva do açaí (*Euterpe oleracea* Mart.) na geração de renda e fortalecimento de unidades familiares de produção, Tomé Açupa. **Revista Observatorio de la Economía Latinoamericana**, n. 210, 2015.

RODRIGUES, H. S. et al. Genetic variability and progeny selection of peach palm via mixed models (REML/BLUP). **Acta Scientiarum. Agronomy**, v. 39, n. 2, p. 165-173, 2017.

SALOMÃO, A. N.; SANTOS, I. R. I. **Criopreservação de germoplasma de espécies frutíferas nativas**. Brasília – DF: Embrapa Recursos Genéticos e Biotecnologia / Documentos 361 (INFOTECA-E), 2018. 28 p.
SILVA, C. A. da et al. Correlações fenotípicas e análise de trilha em caracteres morfoagronômicos de mamoeiro. **Revista Agro@ambiente On-line**, v. 10, n. 3, p. 217-227, 2016.

SHARMA, D. K. et al. Wheat cultivars selected for high F_v/F_m under heat stress maintain high photosynthesis, total chlorophyll, stomatal conductance, transpiration and dry matter. **Physiologia Plantarum**, v. 153, n. 2, p. 284-298, 2015.

SILVA, A. da C. D. et al. Tamanho da semente e substratos na produção de mudas de açaí. **Advances in Forestry Science**, v. 4, n. 4, p. 151-156, 2017.

SILVA, J. Z. da; REIS, M. S. dos. Fenologia reprodutiva e produção de frutos em *Euterpe edulis* (Martius). **Ciência Florestal**, v. 28, n. 1, p. 295-309, 2018.

SILVA, R. A. M. da; MOTA, M. G. da C.; FARIAS NETO, J. T. de. Emergência e crescimento de plântulas de bacabi (*Oenocarpus mapora* Karsten) e bacaba (*Oenocarpus distichus* Mart.) e estimativas de parâmetros genéticos. **Acta Amazonica**, v. 39, n. 3, p. 601-608, 2009.

SOLER-GUILHEN, J. H. et al. *Euterpe edulis* seed germination parameters and genotype selection. **Acta Scientiarum. Agronomy**, v. 42, e42461, 2020.

SOUZA, S. K. A de. **Estimativa da área foliolar de plantas jovens de açaizeiro por métodos não destrutivos**. Dissertação (Mestrado) - Programa de Pós-Graduação em Agronomia (PPGA), Campus Universitário de Belém, Universidade Federal Rural Da Amazônia, Belém, 2021.

TEDESCO, G. A. et al. Análise da cadeia produtiva do açaí catarinense com ênfase nos diferentes atores e atividades produtivas. **Anais do XLI Encontro Nacional de Engenharia de Produção - ENEGEP 2021**, “Contribuições da Engenharia de Produção para a Gestão de Operações Energéticas Sustentáveis”. Foz do Iguaçu, PR. 2021.

TRES, A. et al. Reproductive phenology of *Euterpe edulis* Mart. in two altitudinal classes in the Brazilian Atlantic Forest. **Revista Ibero-Americana de Ciências Ambientais**, v. 11, n. 2, p. 23-35, 2020.

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

VENTURI, S.; PAULILO, M. T. S. Esgotamento das reservas na semente de *Euterpe edulis* Mart. e efeito da nutrição mineral nas plântulas. **Acta Botanica Brasilica**, v. 12, n. 3, p. 215-220, 1998.

VIEIRA, E. A. et al. Caracterização fenotípica e molecular de acessos de mandioca de indústria com potencial de adaptação às condições do Cerrado do Brasil Central. **Semina: Ciências Agrárias**, v. 34, n. 2, p. 567-581, 2013.

VIEIRA, E. A. et al. Variabilidade genética do banco de germoplasma de mandioca da Embrapa Cerrados acessada por meio de descritores morfológicos. **Científica**, v. 36, n. 1, p. 56-67, 2009.

YOKOMIZO, G. K. et al. Caracterização fenotípica e genotípica de progênies de *Euterpe oleracea* coletados no Afuá-Pará nas condições do Amapá. **Cerne**, v. 18, n. 2, p. 205-213, 2012.

Capítulo 2

Caracterização morfofisiológica do crescimento inicial de *Euterpe edulis*

Resumo: Integrante da flora de um dos principais *hotspots* do planeta, o *Euterpe edulis* encontra-se ameaçado de extinção, devido a fragmentação de seu ecossistema e pela derrubada de indivíduos para obtenção de seu palmito, pois a mesma não possui capacidade de rebrota. O manejo de seus frutos surge como forma de preservar a espécie e seu ecossistema ao redor. Entretanto, a espécie ainda necessita de estudos acerca de sua capacidade de propagação, que é feita exclusivamente por sementes. Objetivou-se com este estudo caracterizar a emergência e crescimento inicial de uma população de *E. edulis*, através de modelos de regressão, no estado do Espírito Santo. Foram coletados um cacho com frutos maduros de 68 indivíduos, em oito municípios do estado. As sementes foram obtidas pela despolpa dos frutos e semeadas na areia, em DIC, com quatro repetições de 25 sementes de cada indivíduo. Após 153 dias, foram calculados a porcentagem de emergência (E) e índice de velocidade de emergência (IVE). Das plântulas foram medidas a altura da plântula (AP) e o diâmetro à altura do coleto (DAC), sendo transplantadas para tubetes de 280 cm³ contendo substrato formado por: $\frac{3}{4}$ Terra Nutri + $\frac{1}{4}$ areia. Nos 262 dias após o transplantio (DAT) foram realizadas as análises de massa seca da parte aérea (MSPA), massa seca de raízes (MSR), AP e DAC, cinco vezes dentro deste período (50, 100, 150, 200 e 262 DAT). A área foliar total (AFT), foi realizada por meio de análise de imagens no software R, nos períodos: 100, 150, 200 e 262 DAT. Para avaliar a emergência da espécie, quatro modelos não lineares foram testados, sendo eles: Logístico, Gompertz, Brody e von Bertalanffy, sendo o modelo de Gompertz o escolhido devido ao melhor ajuste dos dados. A população apresentou uma emergência média de 45%, com a primeira se iniciando aos 21 dias, atingindo a maior taxa de emergência absoluta (TEA) no 53º dia, demonstrando ser o período de maior emergência de plântulas e ideal para transplantio das plântulas visando a produção de mudas. Em relação aos parâmetros do crescimento, pode-se observar, de modo geral, um crescimento lento nos primeiros estágios da avaliação e um acentuado aumento entre os dias 200 e 262. O IQD apresentou variação positiva com o decorrer das avaliações, contudo, ressalta-se que ainda não há um IQD médio determinado para espécie, variando de acordo com os estudos. O parâmetro fisiológico F_v/F_m apresentou médias de 0,68 e 0,61 (8 h e 12 h, respectivamente), demonstrando um leve estresse causado, provavelmente, pelo sombreamento de 50%.

Palavras-chave: *Euterpe edulis*, emergência, crescimento, índice de qualidade de Dickson.

Chapter 2

Morphophysiological characterization of the initial growth of *Euterpe edulis*

Abstract: A member of the flora of one of the main hotspots on the planet, the *Euterpe edulis* is threatened with extinction, due to the fragmentation of its ecosystem and the felling of individuals to obtain its palm heart, as it does not have the ability to resprout. The management of its fruits emerges as a way to preserve the species and its surrounding ecosystem. However, the species is still wild, requiring studies about its propagation capacity, which is done exclusively by seeds. This study aimed to characterize the emergence and initial growth of a population of *E. edulis* in the state of Espírito Santo. A bunch with ripe fruits from 68 individuals were collected in eight municipalities in the state. The seeds were obtained by pulping the fruits and sown in the sand, in DIC, with four replications of 25 seeds of each individual. After 153 days, the emergence speed index (IVE) and emergence percentage (E) were calculated. From the seedlings, the seedling height (AP) and the diameter at the collar height (DAC) were measured, being transplanted into 280 cm³ tubes containing substrate formed by: $\frac{3}{4}$ Terra Nutri + $\frac{1}{4}$ sand. In the 262 days after transplanting (DAT) analyzes of shoot dry mass (MSPA), root dry mass (MSR), AP and DAC were performed five times within this period (50, 100, 150, 200 and 262 DAT). The total leaf area (AFT) was performed through image analysis in the R software, in the periods: 100, 150, 200 and 262 DAT. To assess the emergence of the species, four non-linear models were tested, namely: Logistic, Gompertz, Brody and von Bertalanffy, with the Gompertz model chosen due to the best fit of the data. The population showed an average emergence of 45%, with the first emergence starting at 21 days, reaching the highest absolute emergence rate (AER) on the 53rd day, proving to be the period of greatest seedling emergence and ideal for seedling transplanting aiming seedling production. Regarding the growth parameters, it can be observed, in general, a slow growth in the first stages of the evaluation and a sharp increase between days 200 and 262. The Dickson quality index showed a positive variation over the course of the evaluations; however, it should be noted that there is no average IQD determined for *E. edulis*, and further studies are needed to classify the quality of seedlings of the species. The physiological parameter F_v/F_m presented means of 0.68 and 0.61 (8 h and 12 h, respectively), demonstrating a slight stress probably caused by the 50% shading.

Keywords: *Euterpe edulis*, emergence, growth, Dickson's quality index.

1. INTRODUÇÃO

O *Euterpe edulis* Mart., popularmente conhecido como juçara (LORENZI et al., 2010), faz parte da flora de um dos principais *hotspot* do planeta, a Floresta Atlântica (MITTERMEIER et al., 1999; MYERS et al., 2000); sendo avaliada como espécie ameaçada de extinção (MARTINELLI & MORAES, 2013) devido à fragmentação de seu ecossistema (SANTOS et al., 2016) e do corte ilegal de seus indivíduos (MATOS & BOVI, 2002), pela busca de seu palmito, que possui elevado valor comercial (CEMBRANELLI, FISCH & CARVALHO, 2015).

Porém o corte dos indivíduos para obtenção do palmito leva-os a morte (LORENZI et al., 2010), sendo o manejo de seus frutos a alternativa viável do ponto de vista ecológico e econômico (CHAIMSOHN & CHIQUETTO, 2013; CHIQUETTO et al., 2014), semelhante ao realizado com o *Euterpe oleracea* e *E. precatória* (TREVISAN et al., 2015). Além do potencial para aumento de produção (PALMEIRO et al., 2017), seus frutos possuem propriedades antioxidantes de interesse para a saúde humana e farmacêutico, auxiliando no combate a doenças (SCHULZ et al., 2020) e na obtenção de pigmentos naturais nas indústrias (GARCIA et al., 2019).

Para explorar este potencial econômico e auxiliar na preservação da espécie, faz-se necessário a disponibilidade de sementes e mudas com alta qualidade. Visto que, a propagação do *E. edulis* é feito de forma sexuada (BECKMANN-CAVALCANTE et al., 2012), de germinação lenta, desuniforme (AGUIAR et al., 2017; MENDES et al., 2018), devido às características genéticas da espécie (RICKLI-HORST et al., 2017). No entanto, o entendimento do comportamento germinativo de espécies é de suma importância no manejo de produção de mudas, auxilia nas tomadas de decisões do viveirista e também de melhoristas no processo de seleção. Assim, estudos de fatores associados a germinação/emergência são essenciais, sabendo-se que o tamanho de semente, dureza do endocarpo, idade e clima são exemplos característicos de fatores que influenciam nas respostas germinativas de diversas espécies (CASAS et al., 2017; CARRERA-CASTAÑO et al., 2020).

A partir do conhecimento do comportamento germinativo, é possível determinar o tempo ideal de permanência dos lotes de sementes nas sementeiras, otimizando, posteriormente, o processo de produção de mudas e reduzindo custos (VASCONCELOS et al., 2012). Além do mais, tais informações auxiliam melhoristas na seleção de materiais genéticos precoces no vigor das sementes (MARTINS et al., 2016).

Assim, é comum o uso de modelos estatísticos a fim de facilitar a compreensão do comportamento fenotípico da emergência de diferentes espécies (SINÍCIO, 2015;

DICKMANN et al., 2018). Como o processo é contínuo no tempo, com padrão de crescimento mais acentuado no início chegando a atingir um platô ao final, os modelos de regressão não-linear possuem maior capacidade de representar este fenômeno, além de facilitar a compreensão do processo como: a taxa de crescimento, o tempo médio de germinação e ainda fornecem bons ajustes aos dados (PAINE et al., 2012).

Escassos são os trabalhos voltado a caracterização das respostas fenotípicas de *Euterpe edulis*, sendo um fator limitante ao manejo de mudas e atividades de viveiro. Neste sentido, objetivou-se com este trabalho, caracterizar a espécie com base em aspectos morfométricos de frutos, sementes, comportamento de propagação e repostas no desenvolvimento inicial de mudas, a fim de facilitar os processos de propagação da espécie, para atender o setor de conservação e comercial.

2. MATERIAL E MÉTODOS

2.1 Local de coleta

Foram coletados, de 68 genótipos nativos de *Euterpe edulis*, um cacho por planta produzidos na safra de 2020, em fragmentos florestais da Floresta Atlântica. Estes, estão localizados em oito municípios do estado do Espírito Santo, sendo: Alegre, Domingos Martins, Dolores do Rio Preto, Guaçuí, Ibitirama, Rio Novo do Sul, São José do Calçado e Venda Nova do Imigrante. Os locais são apresentados abaixo (Figura 2.1):

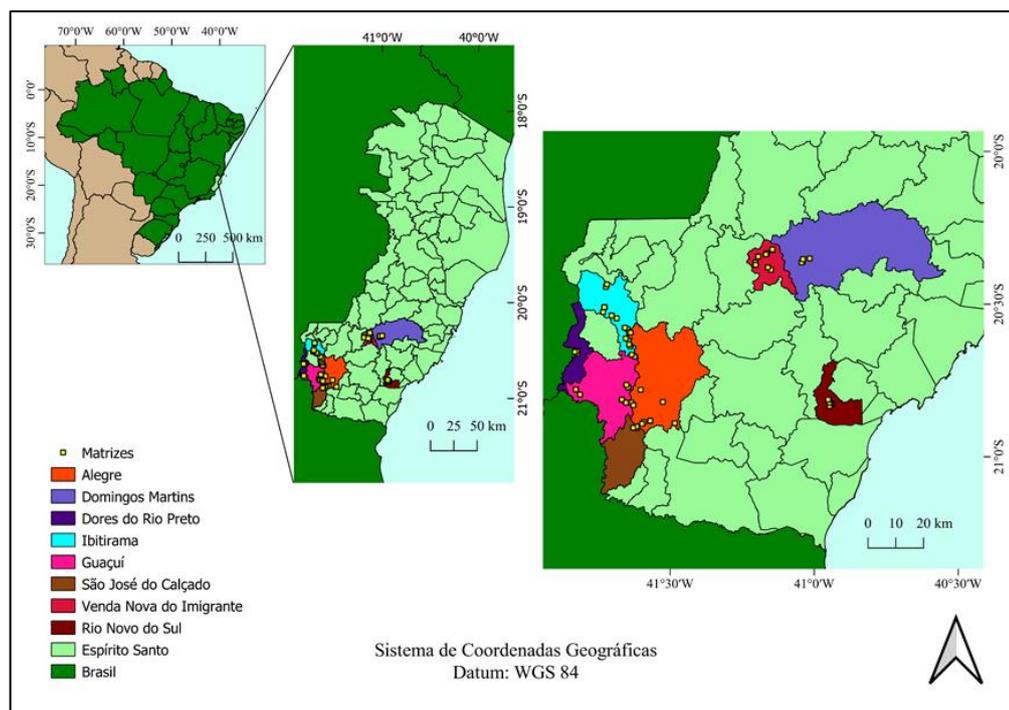


Figura 2.1. Coordenadas geográficas das matrizes localizadas em oito municípios do estado do Espírito Santo.

2.2. Material vegetal

As coletas dos frutos de *E. edulis* foram realizadas no período entre 28 de julho a 29 de agosto de 2020, variando de acordo com as diferenças ambientais entre os locais de coleta. As matrizes de *E. edulis* foram selecionadas seguindo os seguintes princípios: frutos maduros, genótipo com maior produção de frutos dentre os presentes no entorno, boas condições fitossanitárias e com distância mínima de 150 metros entre plantas coletadas. Após a coleta, as coordenadas geográficas do indivíduo foram obtidas com auxílio de GPS portátil Garmin® (GPSMAP 76S). Os frutos amostrados de cada genótipo foram acondicionados em sacos plásticos devidamente identificados e transportados ao Laboratório de Preparo de Amostras da Universidade Federal do Espírito Santo - UFES, campus Alegre-ES.

2.3 Emergência e caracterização de plântulas

Da amostra global, tomou-se 100 frutos, de cada indivíduo, submetendo-os ao processo de superação de dormência descrito por Cursi & Cicero (2014), mantendo-os imersos durante 20 minutos em água a 40 °C. Após este procedimento, os frutos foram despulpados, alocados em sacos de papel Kraft, devidamente identificados, e transportados à casa de vegetação, localizada na Área Experimental do Departamento de Ciências Florestais e da Madeira (DCFM), no município de Jerônimo Monteiro-ES.

A avaliação de emergência foi conduzida em casa de vegetação, coberta por lanternim, com delineamento inteiramente casualizado (DIC) com quatro repetições de 25 sementes, as quais foram distribuídas em bandejas de isopor (16,5 cm x 9,5 cm), preenchidas com substrato de areia (Figura 2.2). As bandejas foram irrigadas diariamente com o auxílio de um regador manual, até o ponto de saturação da areia. A contagem de emergência foi realizada diariamente, totalizando-se 153 dias.



Figura 2.2. Disposição das bandejas de isopor (16,5 cm x 9,5 cm) do experimento de emergência de *E. edulis*.

De posse dos dados, foi calculado a porcentagem de emergência (E), pela equação [1]:

$$E = \frac{(NTE)}{25} \times 100 \quad [1]$$

onde: NTE é o número total de plântulas emergidas.

O índice de velocidade de emergência (IVE), sendo a soma da quantidade de plântulas emergida no dia dividido pelo número de dias transcorridos desde a data de semeadura (LARRÉ; ZEPKA & MORAES, 2007), de acordo com a equação de Maguire (1962) [2] abaixo:

$$IVE = \sum_{i=1}^k \frac{N_i}{T_i} \quad [2]$$

onde: N a soma da quantidade de plântulas emergidas no dia; e T o número de dias transcorridos desde a data de semeadura.

2.4 Análise do crescimento das mudas

Após os 153 dias de contagem, foi realizado as avaliações não destrutivas das plântulas normais emergidas, determinando-se: diâmetro a altura do coleto, em mm (DAC), altura da plântula, em cm (AP). Para estas avaliações, as plântulas foram retiradas das bandejas de areia e lavadas em água corrente. Em seguida a AP foi mensurada com o uso de régua milimetrada, em cm, sendo as medidas iniciadas na região de transição raiz/caule, até a ponta da maior folha expandida. Já os valores de DAC foram obtidos com auxílio do paquímetro digital 6" Zaaprecision®.

Após a análise de E, AP e DAC, as plântulas foram transplantadas para tubetes de 280 cm³ de volume (190 mm de comprimento e 63 mm de diâmetro), preenchidos com ¼ de areia com ¾ de substrato Terra Nutri®. A partir dos 62 genótipos que apresentaram emergência, buscou-se produzir até 50 mudas de cada matriz, totalizando 3100 mudas.

Para a aclimação das plântulas, nos primeiros 30 dias após o transplântio, as mesmas foram mantidas em casa de vegetação fechada, com sistema de irrigação intermitente controlada digitalmente, com a umidade em torno dos 70% (Figura 2.3A). Posteriormente, as mudas foram transportadas para casa de sombra, com sombreamento de 50%, irrigação por microaspersores sendo acionada automaticamente cinco vezes ao longo do dia e influência da chuva (Figura 2.3B), permanecendo todo o período do crescimento das plântulas, até o último dia de avaliação, aos 262 dias após o transplântio.

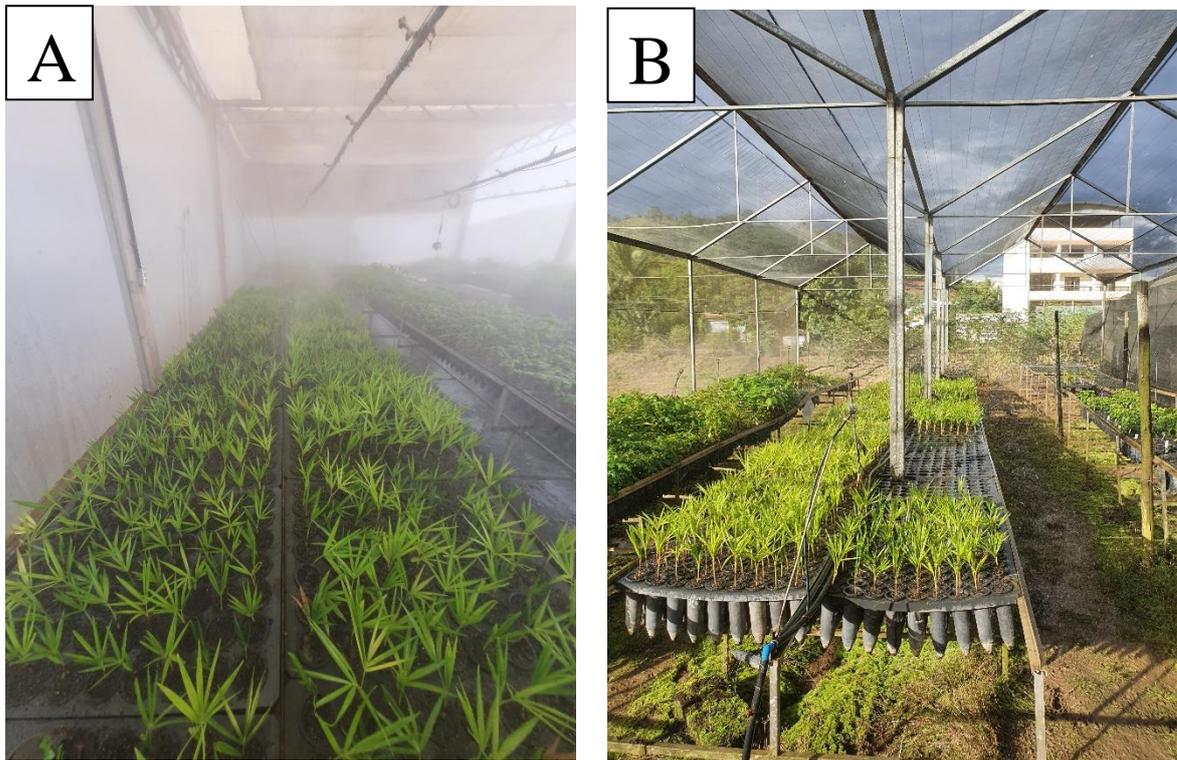


Figura 2.3. Locais de alocação das mudas: Casa de vegetação com irrigação intermitente (A); Casa de vegetação com irrigação por microaspersores (B).

Os parâmetros agroclimáticos, do período de crescimento das mudas da casa de sombra, foram obtidos por meio do banco de dados: NASA's Prediction of Worldwide Energy Resources (NASA/POWER, 2021) e estão representadas na Figura 2.4. A média da temperatura do ar, umidade relativa do ar e precipitação acumulada no período de condução das mudas em casa de sombra foram: 23,4 °C, 78,3% e 1244,97 mm, respectivamente.

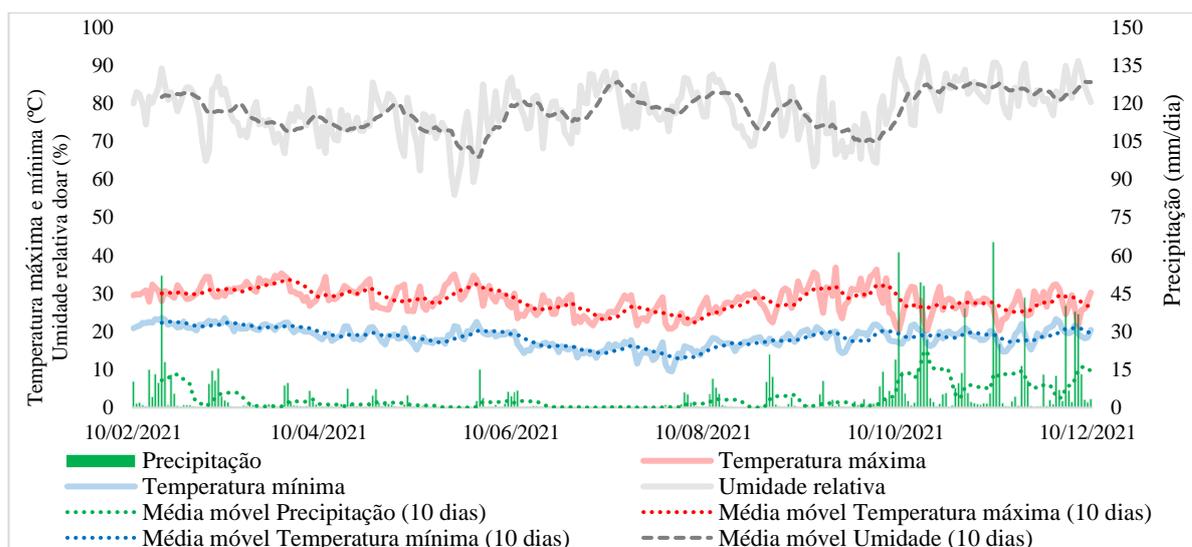


Figura 2.4. Dados climáticos do período de crescimento das mudas (10/02/2021 a 11/12/2021). Área Experimental do DCFM, Jerônimo Monteiro - ES. (NASA/POWER, 2021).

O transplântio das plântulas para tubete caracterizou o tempo zero para as avaliações do crescimento das mudas. Logo, a cada 50 dias, realizavam-se as análises destrutivas totalizando cinco avaliações com 10 repetições de cada genótipo. Na última análise destrutiva, adicionou-se mais 12 dias de crescimento, para possibilitar análises de florescência, devido às más condições climáticas, pois as mesmas requerem céu limpo sem nuvens.

Para as análises destrutivas, as mudas foram retiradas do tubete, lavadas em água corrente, e posteriormente, medidas a altura da plântula (AP), em centímetros, e o diâmetro do coleto (DAC), em milímetros. Na sequência, seccionavam-se de cada muda as raízes, caule e folhas, que eram fotografadas (Figura 2.5), e por meio de análise de imagem, utilizando o software de ambiente livre R (R CORE TEAM, 2020), foi obtido a área foliar total (AFT), em cm².



Figura 2.5. Exemplo de fotografia utilizada para análise da área foliar total (AFT) de *Euterpe edulis*, no software R. Em rosa a escala para as análises (30 mm por 50 mm).

O material vegetal foi devidamente identificado e acondicionado em sacos de papel Kraft, separados entre raízes e parte aérea, levados a estufa de circulação forçada de ar, a 60 °C durante 72 horas. Posteriormente, foi mensurado em balança analítica Shimadzu (0,0001g) a massa seca de raiz (MSR) e a massa seca da parte aérea (MSPA). Somando MSR e MSPA, foi calculado a massa seca total (MST).

De posse dos dados de produção de massa seca e os morfométricos foi realizado o índice de qualidade de Dickson (IQD) [3], utilizando a metodologia de Dickson, Leaf & Hosner (1960), de acordo com a equação abaixo:

$$IQD = \frac{MST}{\left(\frac{AP}{DAC}\right) + \left(\frac{MSPA}{MSR}\right)} \quad [3]$$

Onde: MST: massa seca total (g); AP: altura da plântula (cm); DAC: diâmetro na altura do coleto (cm); MSPA: peso massa seca da parte aérea (g); MSR: peso massa seca das raízes (g).

Aos 262 dias após o transplante, foi realizada a análise das variáveis de fluorescência da clorofila, obtendo diretamente o rendimento quântico máximo (QY) Φ_{PSII} (F_v/F_m), utilizando um fluorômetro portátil FluorPen, modelo FP110 (Photon Systems Instruments). As medidas foram realizadas na maior folha de cada muda, no folíolo de região intermediária, evitando pontos de necrose e a nervura principal do folíolo. Por meio do fechamento das “pinças”, obteve-se a adaptação ao escuro dos pontos de leitura, de trinta minutos antes das análises. Foram realizadas análises as oito horas e ao meio dia de 248 plantas.

2.5 Análises estatísticas

Para avaliar a emergência da espécie, quatro modelos não lineares foram testados, sendo eles: Logístico, Gompertz, Brody e von Bertalanffy (Tabela 2.1). As estimativas iniciais dos parâmetros do modelo foram geradas através de métodos gráficos, que consistiu na análise visual dos dados para orientação das escolhas dos valores a serem utilizados no processo iterativo de estimação dos parâmetros do modelo.

Tabela 2.1. Modelos de regressão não lineares. Onde y é a variável resposta emergência, ϕ_1 é a resposta assintótica ou máxima, ϕ_2 é uma constante de integração sem interpretação biológica definida e ϕ_3 corresponde a taxa média de crescimento relativo ao ponto de inflexão da curva, que pode ser interpretado como a velocidade em que a emergência se aproxima do seu patamar final; t é o tempo em dias.

MODELOS	
Logístico	$y = \phi_1 [1 - \phi_2 e^{(-\phi_3 t)}] + \varepsilon$
Gompertz	$y = \phi_1 e^{(-\phi_2 e^{(-\phi_3 t)})} + \varepsilon$
Brody	$y = \phi_1 (1 - \phi_2^{(\phi_3 t)}) + \varepsilon$
von Bertalanffy	$y = \phi_1 [1 - \phi_2 e^{(-\phi_3 t)}]^3 + \varepsilon$

A seleção do modelo foi realizada mediante dois indicadores: o Critério de Informação de Akaike (AIC) [4] (AKAIKE, 1974) e o Critério de Informação Bayesiano (BIC) [5] (SCHWARZ, 1978), onde estes critérios penalizam modelos com alta complexidade, ou mal ajustados, sendo quanto menor o valor dos critérios, maior o ajuste do modelo (CORDEIRO & DEMÉTRIO, 2013).

$$AIC = -2 \log L(\hat{\theta}) + 2p \quad [4]$$

$$BIC = -2 \log L(\hat{\theta}) + p \cdot \log(n) \quad [5]$$

onde: $L(\hat{\theta})$ é o máximo da função de verossimilhança, p é o número de parâmetros do modelo e n é o número de observações utilizadas no ajuste do modelo.

O modelo de Gompertz foi considerado o ideal para expressar o comportamento germinativo da espécie, visto que para ambos os critérios de seleção este modelo apresentou os melhores resultados. Determinado o melhor modelo [6] para descrever a emergência da espécie, utilizou-se a primeira derivada do modelo selecionado [1] (SARMENTO et al., 2006; GOSHU & KOYA, 2013) em função do tempo, para obter a Taxa de Emergência Absoluta (TEA).

$$f(t) = \phi_1 e^{-\phi_2 e^{-\phi_3 t}} + \varepsilon \quad [6]$$

$$f'(t) = \phi_3 \times f(t) \times \log\left(\frac{\phi_1}{f(t)}\right) = \phi_1 \times \phi_3 \times \phi_2 e^{-\phi_3 t} \times e^{-\phi_2 e^{-\phi_3 t}} \quad [7]$$

Todas as análises estatísticas foram realizadas no *software* de ambiente livre R (R CORE TEAM, 2020).

3. RESULTADOS E DISCUSSÕES

As estimativas dos parâmetros, considerando-se os dados de emergência, para cada modelo, e os critérios utilizados para avaliar o modelo que melhor descreveu a curva média de emergência de plântulas de *E. edulis* são apresentados na Tabela 2.2.

Tabela 2.2. Estimativas dos parâmetros (ϕ_1 , ϕ_2 , ϕ_3), Critério de Informação de Akaike (AIC), Critério de Informação Bayesiano (BIC) e o coeficiente de determinação (R^2), de acordo com os modelos testados.

Modelos	Estimativa dos parâmetros			AIC	BIC	R ²
	ϕ_1	ϕ_2	ϕ_3			
Gompertz	11,28	22,85	0,06	-194,99	-182,87	99,93
Logístico	11,05	212,33	0,09	99,38	111,5	99,5
Brody	18,12	1,16	0,01	500,83	512,96	93,5
von Bertalanffy	12,25	1,57	0,03	256,68	268,8	98,59

Onde: ϕ_1 é a resposta assintótica ou máxima, ϕ_2 é uma constante de integração sem interpretação biológica definida e ϕ_3 corresponde a taxa média de crescimento relativo ao ponto de inflexão da curva, que pode ser interpretado como a velocidade em que a emergência se aproxima do seu patamar final.

Para avaliação de modelos não lineares não é recomendado o uso do coeficiente de determinação (R^2), não representando significados óbvios nos modelos de regressão (RATKOWSKY & GILES, 1990), pois na regressão não linear, a $SQ_{Res} + SQ_{Reg}$ não é igual a SQ_{Total} , tornando o coeficiente inválido (Tabela 2.2). Entretanto, ao analisar o AIC e o BIC, pode-se constatar o menor valor para o modelo Gompertz, demonstrando um melhor ajuste dos dados com este modelo (PORTET, 2020).

Emiliano et al. (2010), ao comparar os dois critérios, AIC e BIC, constataram que ambos possuem performance acima de 85% de acerto na seleção de modelos, causando menores perdas de informações para explicar o fenômeno em estudo. Em um estudo de ajuste de modelos não lineares para a germinação de *Coffea arabica* L., também observaram valores menores de AIC e BIC para o modelo de Gompertz em comparação ao Logístico (SOUZA et al., 2014).

Os resultados do presente trabalho estão de acordo com o estudo de Soler-Guilhen et al. (2020) com *E. edulis*, que comparou os modelos Logístico, Gompertz e von Bertalanffy, recomendando o uso do modelo de Gompertz para avaliar o padrão de germinação da espécie, sendo o modelo de von Bertalanffy o menos adequado para os dados. Ambos modelos, Gompertz e von Bertalanffy, podem representar curvas de crescimento reais diferentes sem necessitar acrescentar variáveis e parâmetros, ou seja, ambos conseguem bons resultados de modelagem com suas equações clássicas (TAVONI, MANCERA & CAMARGO, 2017). No entanto, na literatura, o modelo von Bertalanffy é mais frequentemente recomendado para explicar curvas de crescimento em animais (ANDRADE et al., 2021; ARIZA et al., 2021), assim como o modelo de Brody (SIEKLICKI et al., 2017).

Nos últimos anos o modelo de Gompertz, e suas modificações e combinações com outros modelos, vem sendo aplicados em diversos estudos como produção de biogás (GOMES, STRANGFELD & MEYER, 2021), crescimento de casos de COVID-19 (BERIHUETE, SÁNCHEZ-SÁNCHEZ & SUÁREZ-LLORENS, 2021; PELINOVSKY et al., 2022), crescimento e produção de hidrogênio de bactérias fotossintéticas (DESEURE et al., 2021), e de acordo com Solhen-Guilhen et al. (2020), e no presente trabalho, recomendamos este modelo em estudos de germinação e emergência em *E. edulis*.

A curva de emergência ajustada com o modelo de Gompertz, juntamente com os boxplot dos dados observados na população de estudo, é apresentada abaixo (Figura 2.6).

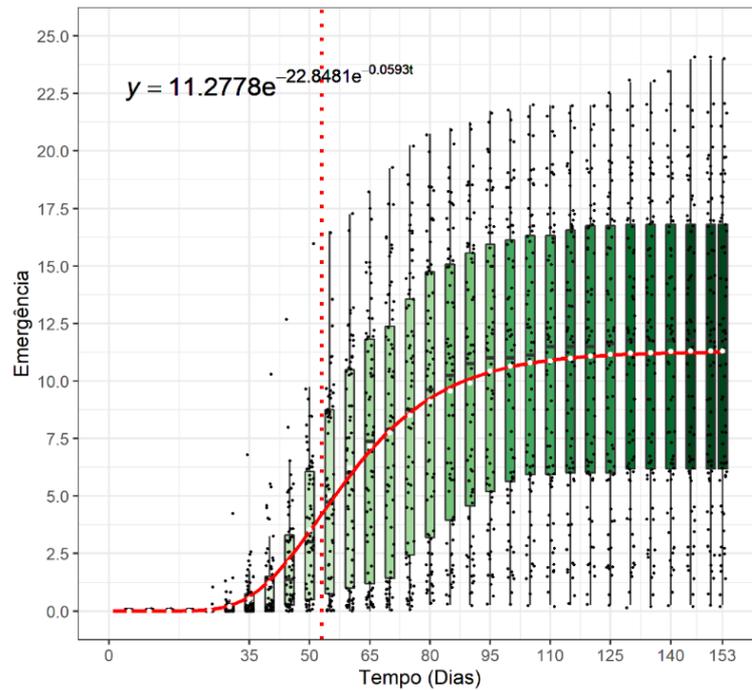


Figura 2.6. Curva de emergência de *Euterpe edulis* da população de estudo, ajustada pelo modelo de Gompertz, com os gráficos boxplot, em função dos dias. Linha pontilhada em vermelho, no 53º dia, demonstrando a taxa de emergência.

Os modelos não lineares são utilizados com o intuito de reduzir um grande número de variáveis, em um pequeno conjunto de parâmetros, permitindo interpretações biológicas concretas (MCMANUS et al., 2003). O modelo de Gompertz apresentou um rápido crescimento no primeiro trecho da curva, com uma demora para atingir a assíntota, assim como observado por France, Dijkstra & Dhanoa (1996). Ainda, este resultado pode ter relação com o melhor ajuste para o parâmetro ϕ_3 (0,06) (Tabela 2.2), que representa a velocidade do crescimento da emergência (RATKOWSKY, 1993). O melhor ajuste com o modelo de Gompertz para a emergência de *E. edulis* também pode ser visto no estudo de Solhen-Guilhen et al. (2020).

O início da germinação ocorre no 21º dia, sendo uma data intermediária às encontradas em condições de laboratório e de casa de vegetação, perto dos 17 dias e 29 dias, respectivamente, após o início do experimento (AGUIAR, 1990). Henzel et al. (2020), ao avaliarem a germinação de juçara em BOD, verificaram o início da germinação no 34º dia sendo relatados data de início de germinação aos 103 dias após a semeadura (TAVARES et al., 2008). Portanto, verifica-se a influência dos genótipos, locais de ocorrência, e condições ambientais. Estes valores corroboram ainda o fato de a germinação da espécie ser lenta devido a um impedimento mecânico, que dificulta o processo de embebição das sementes (BOVI & CARDOSO, 1975).

Vários fatores afetam a qualidade fisiológica de sementes de *E. edulis*, dentre estes a qualidade da luz durante a formação da semente (ALABARCE & DILLENBURG, 2017).

Segundo estes autores, o ambiente com maior incidência de luz não afeta o vigor das sementes, mas pode adicionar um possível componente induzido pela luz à dormência das sementes de *E. edulis*, o que pode tornar as sementes produzidas por matrizes em ambientes mais abertos, em plantios de agroflorestas, menos aptas para germinarem. Outro fator, é o tipo de substrato empregado, em que o melhor para germinação de *E. edulis*, em casa de vegetação, foi o esfagno natural, e para condições de maior controle de temperatura e luminosidade (25 °C e fotoperíodo de 12 h), o melhor foi a vermiculita (AGUIAR, 1990).

Entre o 21º e o 53º dias, ocorre o aumento da taxa de emergência, período este marcado pela protrusão do pecíolo cotiledonar, crescimento radicular (emergência) e brotação do pecíolo cotiledonar, que se completa 42 dias após o primeiro estágio (QUEIROZ, 1986). Este período se caracteriza no consumo das reservas proteicas da semente (endosperma) pelo embrião, sendo relacionado com o fornecimento de energia necessária para a protrusão radicular (FERREIRA et al., 2020).

A porcentagem de emergência diária aumenta com o tempo, atingindo uma estabilização aos 96 dias até o final da contagem do experimento, aos 153 dias (Figura 2.6), os resultados revelam que existe uma grande diferença no comportamento fenotípico da espécie, mas de modo geral a E média é de 45%. Soler-Guilhen et al. (2020), ao estudarem vários genótipos de *E. edulis*, revelaram taxas de germinação variando entre 30 e 90% (frutos maduros). Entretanto, Martins-Corder & Saldanha (2006) verificaram média de aproximadamente 38% de germinação das sementes de *E. edulis*. Tiberio et al. (2012) verificaram maior taxa de germinação de sementes de *E. edulis* (66%) em relação a *E. oleracea* (13%).

Em relação a porcentagem de emergência, a população do estudo apresentou em torno de 45% de emergência, variando desde indivíduos que não germinaram até os que germinaram próximo ao 100% (Figura 2.6). Assim, pode-se afirmar que o desempenho na emergência das sementes são expressões com grande influência de genética de controle herdado das matrizes (MARTINS et al., 2013). Entretanto, fatores ambientais podem afetar o comportamento germinativo, como por exemplo, a coleta antes do período de maturidade fisiológica que ocorre por volta dos 228 dias após a antese, com as sementes apresentando 46,71% de umidade atingindo máxima germinação e acúmulo de massa seca (MELLO et al., 2021).

Estes resultados estão de acordo com Martins-Corder & Saldanha (2006), no estudo com 15 diferentes progênes de *E. edulis*, que observaram uma taxa de germinação média de 38% e amplitude de germinação de 14 a 56% aos 150 DAS (dias após a sementeira). Os autores atribuem esta variação, provavelmente, aos componentes genéticos das progênes, pois as mesmas foram coletadas em uma mesma localidade, no mesmo período e com índices de

maturação semelhantes. Esta variação não é desejada nos primeiros estágios das mudas visando a produção, pois as condições do meio prejudicam a formação das plântulas.

A taxa de emergência absoluta (TEA), obtida pela primeira derivada do modelo de Gompertz em relação ao tempo, é apresentada na Figura 2.7. A TEA foi crescente até atingir o máximo (0,246 plântulas por dia), aos 53 dias após a semeadura, decrescendo com o passar dos dias. O ponto de inflexão da curva foi verificado aos 53 dias, definindo o momento em que a função muda de crescente para decrescente, revelando que a taxa máxima de emergência foi alcançada com menos de dois meses após a semeadura e marcada pela máxima da velocidade de emergência.

Ao final do experimento as TEA, foram muito pequenas, abaixo de 0,025 depois do 107º dia, demonstrando que quase não há emergência neste período, sendo desnecessário manter a condução desta fase de germinação/emergência, pois seria um espaço subaproveitado em um viveiro. Isto mostra que o viveirista, pode começar o transplântio das plântulas ao 53º dia, não sendo necessário se alongar por muito tempo depois disto, tendo em vista que as sementes mais vigorosas emergem neste período de desenvolvimento.

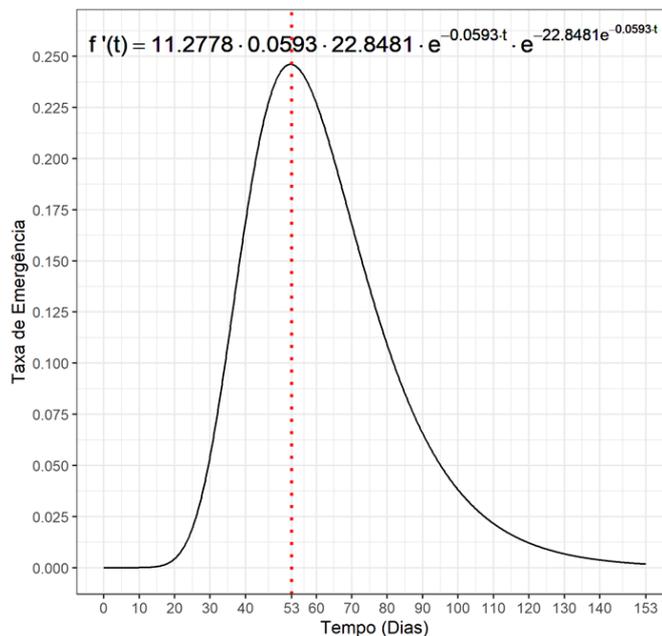


Figura 2.7. Comportamento da taxa de emergência absoluta (TEA) estimada pelo modelo Gompertz.

A rapidez e uniformidade da emergência de plântulas são características importantes para a formação de mudas, pois enquanto a planta permanece nos estádios iniciais de desenvolvimento, a mesma está mais susceptível às condições adversas do ambiente. Assim, o atraso no crescimento da plântula é um dos fatores que contribuem para o aumento dos custos de produção no viveiro (BOVI, 1998).

As TEA máxima nos períodos iniciais da emergência pode ser explicada pelo fato de se ter realizado um tratamento para a superação de dormência antes da realização do experimento, bem como a não utilização de qualquer adubação no substrato utilizado (areia). Ou seja, a energia necessária para a emergência das plântulas foi fornecida exclusivamente pelas reservas energéticas da semente (endosperma).

Este resultado está de acordo com Andrade, Venturi & Paulilo (1996), no qual observaram que a espécie *E. edulis* repassa a maior parte de suas reservas energéticas, da semente para a planta em crescimento, até o segundo mês do início do experimento. No entanto, a quantidade de endosperma, e conseqüentemente, um maior tamanho dos fruto/sementes não afeta a porcentagem e o índice de velocidade de germinação (FOLÉIS et al., 2012). Logo, a fim de favorecer operações de viveiro mais fluidas e econômicas, é preferível lotes de semente de *E. edulis* com progênies que apresentem maior homogeneidade e velocidade de emergência, diminuindo custos com mão-de-obra e espaços no viveiro com sementes sem qualidade.

Os resultados referentes à altura de plântula (AP) (cm); diâmetro à altura do coleto (DAC) (mm); área foliar total (AFT) (cm²); massa seca total (MST); e o índice de qualidade de Dickson (IQD), durante a fase de crescimento de plântulas da juçara, são mostrados na Tabela 2.3.

Tabela 2.3. Valores de média (\bar{X}) e desvio padrão (σ), para altura de plântula (AP) (cm); diâmetro à altura do coleto (DAC) (mm); área foliar (cm²); massa seca total (MST) (g); e o índice de qualidade de Dickson (IQD) de mudas de *Euterpe edulis*.

Variáveis	Dias						
	Transplântio (0)	50	100	150	200	262	
Altura da plântula (cm)	\bar{X}	15,16	18,86	19,61	21,42	23,22	30,23
	σ	3,14	3,30	3,33	4,14	5,25	6,04
DAC (mm)	\bar{X}	3,84	4,82	5,19	5,83	6,46	8,13
	σ	0,05	0,76	0,76	1,12	1,36	1,65
Área foliar total (cm ²)	\bar{X}	-	-	37,53	38,10	47,59	101,21
	σ	-	-	14,96	20,19	26,99	57,49
Massa seca total (g)	\bar{X}	-	0,60	0,59	0,72	0,80	1,62
	σ	-	0,27	0,36	0,49	0,76	1,27
IQD	\bar{X}	-	0,11	0,13	0,16	0,21	0,36
	σ	-	0,04	0,04	0,07	0,11	0,19

De maneira geral pode-se observar um crescimento lento para as variáveis AP, DAC, AFT e MST, desde do transplântio até o 200º dia de avaliação, havendo um aumento considerável entre as datas de 200º e 262º dia. Este mesmo comportamento foi observado para a espécie *E. oleracea*, que apresentou maior incrementos de AP e DAC nos períodos finais, entre 180 e 330 dias após o transplântio, este comportamento foi atribuído ao fato das plantas

nesta fase, terem atingido tamanho de folhas superior em relação aos períodos anteriores (OLIVEIRA et al., 2021), apresentando taxas fotossintéticas maiores (LIMA FILHO et al., 2009), assim como foi observado no presente trabalho (Tabela 2.3 e Figura 2.9).

Outro fator de influência, pode ter sido o aumento da precipitação neste período (748,52 mm, entre a quinta e sexta avaliações, contra apenas 244,71 mm, da primeira à quinta avaliações), o que acarretou uma média maior da umidade relativa do ar (83,7% a 76,6%), o que pode ter tornado as condições ambientais mais favoráveis ao desenvolvimento das mudas, tendo em vista que o experimento estava inserido em casa de sombra, com influência da precipitação. Este resultado é visto no estudo de Freire et al. (2013), que observaram um maior estresse nas mudas de *E. oleracea* nos períodos de menos pluviosidade. Os dados pluviométricos mediante obtenção por satélite é uma alternativa à ausência de estações meteorológicas terrestres de medição de chuvas (SH, TABARK & ATYAF, 2020), principalmente em períodos mais longos de dias (AGUIAR & LOBO JÚNIOR, 2020).

O resultado do presente estudo diferiu-se do apresentado por Neuburger, Souza & Paulilo (2010) que observaram decréscimo das variáveis: altura do caule (cm), área foliar (cm²) e matéria seca (g) para plântulas de *E. edulis*, em diferentes níveis de luminosidade (50 e 2%), e sem adubação. Isto é explicado no trabalho pois a espécie começa a sofrer alterações do ambiente por condições de luz e nutrição a partir do fim do esgotamento das reservas energéticas, demonstrando que o substrato utilizado (Terra Nutri[®] + areia) é favorável ao crescimento da espécie, pelo menos até 416 DAS (dias após a semeadura).

O recipiente, no caso do presente estudo são tubetes de 280 cm³, poderia ser um fator limitante ao crescimento da espécie, visto ao aumento da produção do sistema radicular. No entanto não foi observado tal limitação, visto o aumento da produção de MST. Tal observação não é vista no estudo de Nascimento & Gatti (2019), onde é observado estagnação do crescimento das variáveis altura e diâmetro do coleto, a partir do 120º dia, utilizando tubete de mesmo volume. Segundo Auer & Santos (2011), maiores tempos de permanência das mudas em viveiro, induz o envelhecimento do sistema radicular com possibilidade de ocorrer fusões das raízes no orifício inferior do tubete, que condicionam alta mortalidade das mudas no campo. Estas deformações devem ser lavadas em consideração na produção das mudas de juçara, neste sentido, tubetes com volume de 280 cm³, mostram-se suficientes para proporcionar o crescimento de mudas de *E. edulis* até 415 dias após a semeadura.

Na Figura 2.8 abaixo estão apresentados os gráficos, juntamente com os boxplots, gerados a partir de modelos logaritmos de crescimento de altura (cm) (AP) e diâmetro à altura do coleto (mm) (DAC).

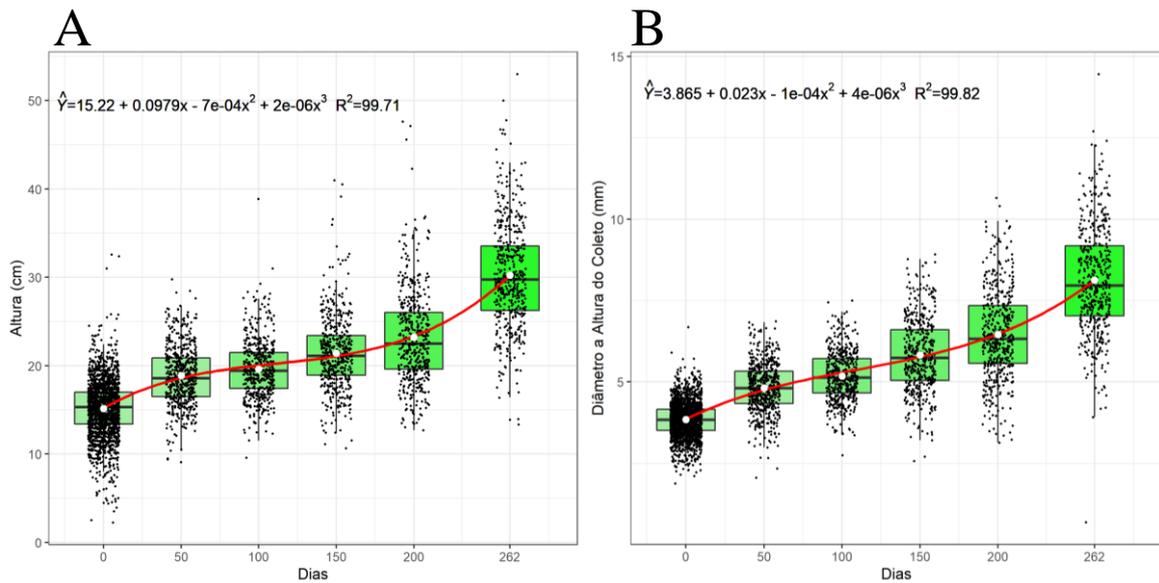


Figura 2.8. Gráficos boxplot, entre os períodos de 0 a 262 dias, para as variáveis: crescimento de altura (cm) (AP) (A) e diâmetro à altura do coleto (mm) (DAC) (B).

De modo geral, observa-se um ajuste ótimo da equação exponencial de terceiro grau aos dados, visto o R^2 ser maior que 99%, explicando de forma biológica o comportamento destas variáveis, que se revela como de um crescimento nos primeiros dias após o transplântio (DAT) (0 - 70), com uma estagnação entre 70 e 200 DAT, e um novo crescimento após 200 DAT. Em ambas variáveis é observado aumento do desvio padrão dos dados, o que é esperado visto o aumento da influência do ambiente sobre o crescimento das plântulas.

A altura da parte aérea é um ótimo parâmetro a ser obtido em estudos de crescimento inicial de mudas florestais, pois possui uma grande contribuição relativa para estimar a qualidade de mudas (GOMES et al., 2002). Além de ser uma característica de fácil obtenção, e não ser um método destrutivo. Entretanto, a utilização dessa característica para comparar a qualidade das mudas é recomendada por Gomes & Paiva (2011) somente quando as mudas forem da mesma espécie e, quando as técnicas de produção e as condições ambientais forem semelhantes.

O resultado deste estudo se assemelha com o de Dapont, Silva & Alves (2016), avaliando diferentes níveis de sombreamento de *E. oleracea* observaram mudas com alturas próximas à 20 cm, com sombreamento de 50%, após quatro meses do transplântio (entre 100 e 150 dias do presente estudo). E ainda, são superiores se comparado ao estudo de Araújo et al. (2018) que encontraram valores próximos à 25 cm de altura em mudas de *E. oleracea*, 280 dias após a repicagem, porém utilizando adubação ao substrato utilizado.

Ao final do experimento, 262 DAT, foi observado uma AP média de 30,23 cm com DAC de 8,13 mm. Aguiar et al. (2002) recomendam que as mudas de juçara devem ultrapassar 30 cm de altura e ter idade mínima de 180 dias. Para açaí, espécie que já apresenta determinado

grau de melhoramento, tem-se recomendado que as mudas devam ter altura de no mínimo 40 cm, diâmetro do coleto superior a 12 mm e cinco folhas fisiologicamente ativas em um período de 120 a no máximo 240 dias. De modo geral, os valores observados para *E. edulis* são inferiores; contudo, vale a pena ressaltar que o *E. edulis* é uma espécie nativa que não passou por processos de melhoramento. Porém, apresenta potencial, no qual podemos observar que aos 200 DAT já havia na população de estudo indivíduos com mais de 40 cm de AP e 12 mm DAC (Figura 2.8).

Em relação ao DAC, foi observado um padrão de crescimento de acordo com a AP, com uma curva de terceiro grau ($R^2 = 99,82$), com um crescimento lento nos primeiros dias de avaliação (3,84 mm a 6,46 mm, do 0 aos 200 DAT), e um rápido crescimento do 200º ao 262º dia, chegando aos 8,13 mm de média. Segundo Ritchie et al. (2010), o diâmetro do coleto é a variável que melhor prediz o desempenho no pós-plantio, de modo que valores superiores desse caractere geralmente estão relacionados a um sistema radicular abundante, o que favorece o estabelecimento e o crescimento das plantas em condições de mato-competição.

Os valores observados aqui são parecidos aos do estudo de Luz, Fóleis & Marostega (2013), que encontraram 4,90 mm após 120 dias do desbaste de *E. edulis*, aproximadamente 4,82 mm encontrados aos 50 dias, igualando os tempos de DAS. Para os autores este crescimento foi baixo, sendo atribuído a grande variação de temperatura (40,1 a 9,5 °C) ocorrida durante o experimento, este baixo desempenho das mudas.

Enquanto Molina & Botrel (2009) encontraram um DAC médio de 12 mm para mudas de *E. edulis*, após 204 DAS, correspondente ao dia 0 (transplântio) do presente estudo, sendo superior aos 3,84 mm encontrados. Isto se deve ao maior recipiente utilizado no trabalho, em conjunto com substratos com componentes orgânicos em suas fórmulas, permitindo um maior crescimento da espécie em seus estágios iniciais. Porém, no estudo de Molina & Botrel (2009), foram coletadas sementes de uma única matriz, o que não é desejado para coletas visando a produção de espécies nativas (MEDEIROS & NOGUEIRA, 2006).

Abaixo estão apresentados os gráficos para área foliar total (AFT) (cm²), em conjunto com os boxplots, gerados a partir de modelos exponencial de crescimento de altura (cm) (AP), para as datas de 100, 150, 20 e 262 DAT (Figura 2.9).

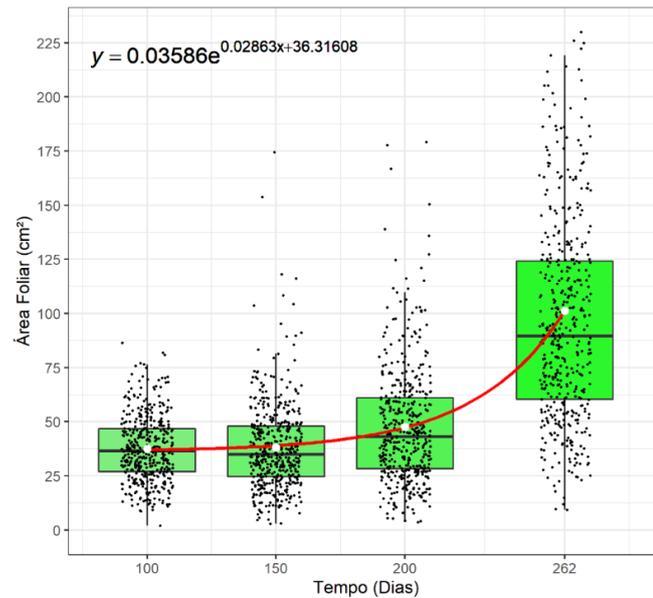


Figura 2.9. Gráficos boxplot para variável área foliar total (AFT) cm², entre os períodos de 100 a 262 dias.

Com relação à área foliar, podemos observar um comportamento de crescimento exponencial, com um crescimento lento durante as primeiras análises (100 a 200 DAT), ocorrendo um aumento considerável a partir do 200º DAT, com a AFT dobrando sua área, passando de 47,59 cm² para 101,21 cm², em média. Este comportamento é relatado na literatura para diferentes espécies na produção de suas mudas, com sombreamento de 50%, tanto para *E. edulis* (NAKAZONO et al., 2001), quanto para *E. oleracea* (CONFORTO & CONTIN, 2009).

Este aumento do crescimento foliar pode ser explicado devido ao aumento da precipitação nesta época (Figura 2.4), diminuindo a irradiância solar, e propiciando um sombreamento maior, pois plantas de *E. edulis* tendem a possuir uma área foliar, de acordo com o aumento do sombreamento; entretanto, sombreamentos acima de 96% limitam o crescimento da espécie (NAKAZONO et al., 2001).

De acordo com a adaptação das plantas à sombra, ocorre a expansão da área da folha, o que maximiza a intercepção da claridade e o uso da luz limitada mais eficientemente; esse processo leva ao aumento do ganho do carbono em irradiações solares baixas, com um investimento mais eficiente na maquinaria fotossintética (EVANS & POORTER, 2001; SENEVIRATHNA STIRLING & RODRIGO, 2003). Dessa forma, o aumento no investimento nas partes fotossintetizantes pode ser uma estratégia para aumentar a captação de luz em locais sombreados, e provavelmente, diminuindo o investimento em raízes (FITTER, 1986).

As análises do crescimento de uma plântula não podem se basear apenas no aumento do tamanho das mesmas, necessitando-se avaliar o peso de massa seca das plantas, visto que o peso fresco está sujeito às alterações do meio no qual está crescendo a planta (TAIZ & ZEIGER, 2006).

Sobre a massa seca total (MST), foi realizado um ajuste a um modelo exponencial ($R^2 = 95,64$) para o crescimento inicial de *E. edulis*, demonstrando um crescimento mais acentuado entre o 200º dia e o 262º dia, chegando a uma MST de 1,62 gramas. Entre o período de 50 a 100 dias, pode-se observar uma estagnação no crescimento das mudas, que pode ser explicado pela diminuição da pluviosidade, diminuindo a umidade relativa do ar, registrando o menor valor para esta variável, 55,94%, no período do estudo (Figura 2.10). Isto também demonstra a insuficiência na irrigação por micro aspersão em condições de baixa umidade relativa do ar.

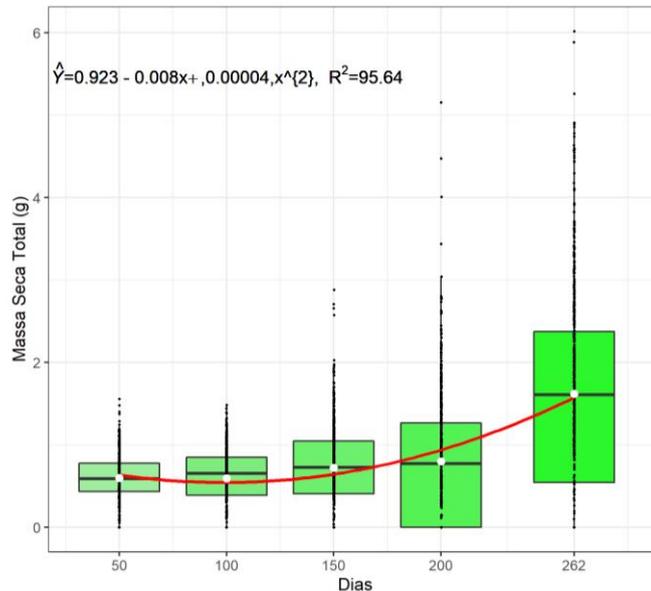


Figura 2.10. Gráficos boxplot para variável massa seca total (MST), entre os períodos de 50 a 262 dias.

Os valores dos dias iniciais (0 - 200) corroboram com os valores observados por Neuburger, Silva & Paulilo (2010), que encontraram médias de peso seco total menores que uma grama, em plantas não adubadas em 50% de luminosidade. Entretanto, Hoffmann & Mota (2019) encontraram média de 0,735 g para MST aos 124 dias após a semeadura testando diferentes substratos para *E. edulis*, demonstrando que a espécie possui um maior crescimento com acréscimo de adubação na formulação dos substratos.

O acúmulo de matéria seca nas plântulas reflete a taxa de fotossíntese líquida que ocorre durante toda a sua formação, sendo influenciada pelas concentrações celulares de nutrientes como N, P, K, Mg e S, que participam ativamente dos processos metabólicos de geração de fotoassimilados (SANTOS et al., 2016). O desenvolvimento da parte aérea é importante pois é responsável por fornecer fito-hormônios e carboidratos ao sistema radicular, que, por sua vez, fornece água e outros nutrientes, tornando essa relação essencial para o desenvolvimento das mudas (ROCHA et al., 2018) e, conseqüentemente, aumentando o peso total das mesmas, de acordo com o seu crescimento.

Para a escolha das mudas de melhor qualidade é necessário um conjunto de variáveis, não sendo prejudicial considerarmos as variáveis isoladamente. Assim, Eloy et al. (2013) propõem o índice de qualidade de Dickson (IQD) como um bom indicador de sua qualidade, uma vez que reúne em sua equação várias características morfológicas, importantes para definir a robustez e o equilíbrio da distribuição da biomassa das mudas.

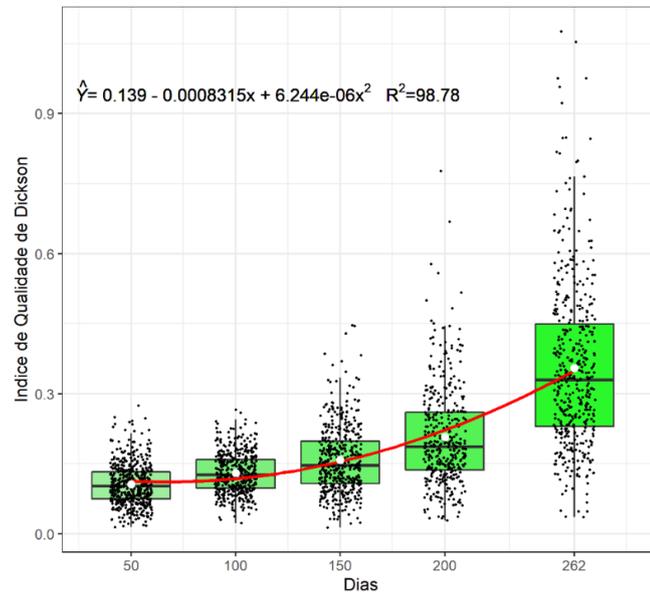


Figura 2.11. Gráficos boxplot para o índice de qualidade de Dickson (IQD), entre os períodos de 50 a 262 dias.

Em relação ao índice de qualidade de Dickson (IQD) pode-se observar aumento com o passar dos dias (Figura 2.11), demonstrando um aumento na robustez e melhor distribuição de massa da muda. Para o índice, proposto por Dickson, Leaf & Hosner (1960), a média passou de 0,12, no 50º dia, para 0,36, aos 262 dias. Este valor de 0,36 é próximo a valor de IQD médio de 0,4 encontrado por Silva et al. (2015) para mudas de juçara, aos 150 dias após a germinação, produzidas com compostos orgânicos.

O IQD pode ser classificado como: “baixo”, quando menor que 0,2; “médio”, quando de 0,2 a 0,4; e “alto”, quando maior que 0,5 (SÁENZ et al., 2010). Portanto, o IQD de 0,36 obtido aos 262 dias, do estudo é considerado médio. O IQD é um bom indicador da qualidade de mudas em fase de viveiro, por considerar para o seu cálculo a robustez e o equilíbrio da distribuição da biomassa, sendo considerados parâmetros importantes e que ajudam a estimar o sucesso do desempenho das mudas após o plantio em campo (FONSECA et al., 2002; GOMES & PAIVA, 2011).

Sabe-se que os maiores valores de IQD indicam melhor qualidade de mudas (COSTA et al., 2011; BEZERRA et al., 2018). Entretanto, a literatura mostra que o IQD é uma característica variável, mesmo entre as espécies do gênero *Euterpe* (SILVA et al., 2015;

ALMEIDA et al., 2018; ARAÚJO et al., 2018) podendo variar de acordo com a espécie, idade da plântula (como observado na Figura 2.11), e tratamento a que foi submetida (GOMES et al., 2013). Ressalta-se ainda que não existe um IQD médio determinado para *E. edulis*, reforçando a importância do presente estudo para auxiliar no entendimento inicial do comportamento e determinação de estratégias de produção e comercialização de mudas de boa qualidade.

Sendo a F_v/F_m (fluorescência variável/fluorescência máxima) a variável fisiológica realizada neste estudo com o intuito de verificar se as condições de crescimento a qual foi submetida a espécie é favorável, a mesma é apresentada na Figura 2.12 abaixo.

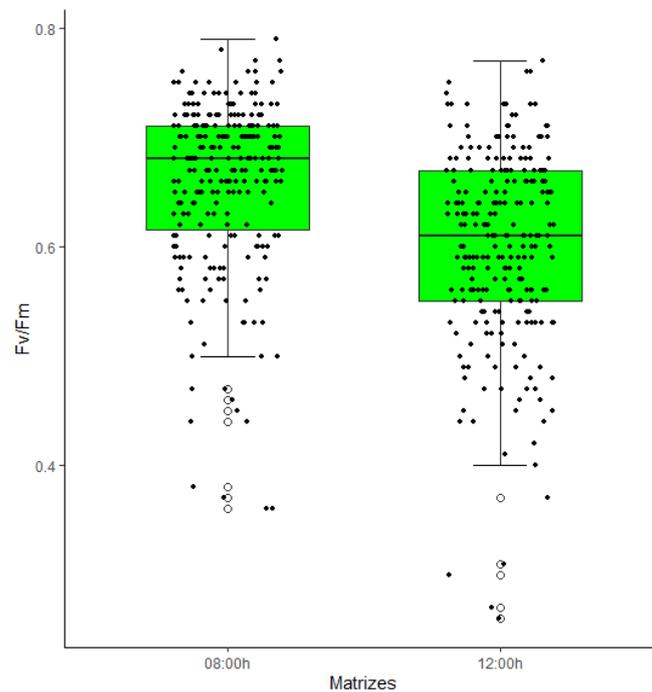


Figura 2.12. Gráficos boxplot para variável fisiológica F_v/F_m nos horários de 08:00 e 12:00 h.

A F_v/F_m é uma medida da eficiência dos centros de reação na utilização dos fótons capturados em reações fotoquímicas primárias do fotossistema II (PSII). Fatores estressantes que interferem o funcionamento do PSII, reduzem o valor de F_v/F_m (KRAUSE & WEIS, 1988, SOMERSALO & KRAUSE, 1988), sendo desejado valores mais altos.

Pode-se observar valores mais altos no período de 08:00 h em relação ao horário de 12:00 h, revelando um menor estresse nos primeiros momentos de luz solar. Porém os valores das medianas nos dois períodos (0,68, as 8h, e 0,61, as 12h) ficam abaixo do ideal sugerido por Bolhàr-Nordenkampf et al. (1989), entre 0,75 e 0,85, pois resultado inferiores a este intervalo indicam situação de estresse e redução do potencial fotossintético na planta.

Este resultado pode mostrar que as condições ambientais dispostas não foram ideais na média para as plântulas de *E. edulis*, no entanto é possível identificar indivíduos que obtiveram

valores de F_v/F_m acima de 0,75 (Figura 2.12), demonstrando que na população avaliada existe indivíduos selecionáveis nesta variável, e foram menos susceptíveis ao estresse, mesmo ao meio dia.

Devido as características da espécie em ser classificada como esciófila, ou seja, tolerante à sombra, necessitando de condições de baixa luminosidade, alta umidade do ar e alta disponibilidade de água no solo durante seu crescimento inicial (REITZ, 1974; CAMPANILI & PROCHNOW, 2006; BOURSCHEID et al., 2011), são necessários estudos visando as melhores condições ambientais de sombreamento e disponibilidade de água, objetivando um menor estresse para as plântulas.

4. CONCLUSÕES

O modelo de Gompertz se mostrou o mais adequado para explicar o comportamento da emergência da espécie, apresentando um bom ajuste dos dados, por apresentar baixos valores de AIC e BIC. Nesta população de *E. edulis*, foi constatada uma emergência média de 45%, com uma variação de zero a, aproximadamente, 100% mostrando que a espécie possui um potencial de seleção para indivíduos produtores de sementes.

A taxa de emergência absoluta (TEA) atingiu seu valor máximo no 53º dia, indicando ser o período ideal para a realização do transplântio, da bandeja de semeadura para os tubetes. Para todas as características de crescimento (AP, DAC, AFT, MST e IQD), foi observado um crescimento baixo nos estágios iniciais do experimento, com um aumento considerável, entre os dias 200 a 262 DAT.

Em média, os valores para F_v/F_m indicam um leve estresse para as mudas para as condições ambientais do estudo, porém, existem na população, indivíduos em situação descrita como ideal e sem estresse.

5. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- AGUIAR, F. F. A. Efeito de diferentes substratos e condições ambientais na germinação de sementes de *Euterpe edulis* Mart. e *Geonoma schottiana* Mart. **Acta Botanica Brasilica**, v. 4, n. 2, p. 1-7, 1990.
- AGUIAR, F. F. A. et al. Effects of light, temperature and mesocarp on seed germination of *Euterpe edulis* (juçara-palm). **Bioscience Journal**, v. 33, n. 4, p. 881-885, 2017.
- AGUIAR, F. F. A. et al. **Produção de mudas de palmito-juçara *Euterpe edulis* Mart.** São Paulo: Instituto de Botânica, (Folheto 26), 2002. 16 p.
- AGUIAR, J. T.; LOBO JÚNIOR, M. Reliability and discrepancies of rainfall and temperatures from remote sensing and Brazilian ground weather stations. **Remote Sensing Applications: Society and Environment**, v. 18, 100301, 2020.
- AKAIKE, H. A new look at the statistical model identification. **IEEE Transactions on Automatic Control**, v. 19, n. 6, p. 716-723, 1974.
- ALABARCE, F. da S.; DILLENBURG, L. R. Maternal light environment during seed development can affect seed quality of *Euterpe edulis*. **Theoretical and Experimental Plant Physiology**, v. 29, n. 1, p. 1-11, 2017.
- ALMEIDA, U. O. de et al. Environment and slow-release fertilizer in the production of *Euterpe precatoria* seedlings. **Pesquisa Agropecuária Tropical**, v. 48, n. 4, p. 382-389, 2018.
- ANDRADE, A. C. S.; VENTURI, S.; PAULILO, M. T. S. Efeito do tamanho da semente de *Euterpe edulis* Mart. sobre a germinação e crescimento inicial. **Revista Brasileira de Sementes**, v. 18, n. 2, p. 150-157, 1996.
- ANDRADE, P. C. M. et al. Curva de crescimento de capivaras (*Hydrochoerus hydrochaeris* L., 1766) em cativeiro. **Brazilian Journal of Animal and Environmental Research**, v. 4, n. 1, p. 1553-1570, 2021.
- ARAÚJO, C. S. de et al. Crescimento de mudas de açazeiro (*Euterpe oleracea* Mart.) submetidas a diferentes doses de fósforo. **South American Journal of Basic Education, Technical and Technological**, v. 5, n. 1, p. 102-111, 2018.
- ARIZA, A. G. et al. Characterization of biological growth curves of different varieties of an endangered native hen breed kept under free range conditions. **Italian Journal of Animal Science**, v. 20, n. 1, p. 806-813, 2021.
- AUER, C. G.; SANTOS, Á. F. dos. Doenças em eucaliptos destinados à produção de energia na região Sul do Brasil. **Pesquisa Florestal Brasileira**, v. 31, n. 68, p. 373-373, 2011.
- BECKMANN-CAVALCANTE, M. Z. et al. Temperatura, escarificação mecânica e substrato na germinação de sementes das palmeiras juçara e açai. **Revista Brasileira de Ciências Agrárias**, v. 7, n. 4, p. 569-573, 2012.
- BERIHUETE, Á.; SÁNCHEZ-SÁNCHEZ, M.; SUÁREZ-LLORENS, A. A Bayesian model of COVID-19 cases based on the Gompertz curve. **Mathematics**, v. 9, n. 3, p. 228-243, 2021.
- BEZERRA, J. L. et al. Fontes e doses de nitrogênio na produção de mudas de açazeiro (*Euterpe oleracea* Mart). **Enciclopédia Biosfera**, v. 15, n. 27, p. 541-552, 2018.
- BOLHÀR-NORDENKAMPF, H. R. et al. Chlorophyll fluorescence as a probe of the photosynthetic competence of leaves in the field: a review of current instrumentation. **Functional Ecology**, v. 3, p. 497-514, 1989.
- BOURSCHEID, K. et al. *Euterpe edulis*: Palmito-juçara. In: CORADIN, L.; SIMINSKI, A.; REIS, A. (Org.). **Espécies nativas da flora brasileira de valor econômico atual ou potencial: Plantas para o futuro - Região Sul**. Brasília, DF: MMA, 2011. 934 p.
- BOVI, M. L. A. **Cultivo da palmeira real australiana visando à produção de palmito**. Campinas-SP: Instituto Agronômico de Campinas, (Boletim Técnico, 172), 1998. 26 p.
- BOVI, M. L. A.; CARDOSO, M. Seed germination of *Euterpe edulis* Mart. **Bragantia**, v. 34, n. 7, p. 29-34, 1975.

- CARRERA-CASTAÑO, G. et al. An updated overview on the regulation of seed germination. **Plants**, v. 9, n. 6, p. 703-744, 2020.
- CAMPANILI, M.; PROCHNOW, M. (orgs.). **Mata Atlântica: uma rede pela floresta**. Brasília: RMA. 322 p. 2006.
- CASAS, R. R. et al. Global biogeography of seed dormancy is determined by seasonality and seed size: a case study in the legumes. **New Phytologist**, v. 214, n. 4, p. 1527-1536, 2017.
- CEMBRANELLI, F.; FISCH, S. T. V.; CARVALHO, C. P. de. Exploração sustentável da palmeira *Euterpe edulis* Mart. no bioma Mata Atlântica, Vale do Paraíba-SP. **Ceres**, v. 56, n. 3, p. 233-240, 2015.
- CHAIMSOHN, F. P.; CHIQUETTO, N. C. Construção do marco legal para a produção de açaí de juçara: contribuições da “oficina interestadual sobre legislação, comercialização e marketing para exploração de frutos da palmeira juçara”. **Revista Conexão UEPG**, v. 9, n. 2, p. 244-253, 2013.
- CHIQUETTO, N. et al. Exploração de frutos da palmeira juçara (*Euterpe edulis* M.) como estratégia para conservação da espécie e alternativa de Renda no litoral do Paraná. **Anais do 31º Seminário de Extensão Universitária da Região Sul – SEURS**. 2014.
- CONFORTO, E. de C.; CONTIN, D. R. Desenvolvimento do açaizeiro de terra firme, cultivar Pará, sob atenuação da radiação solar em fase de viveiro. **Bragantia**, v. 68, n. 4, p. 979-983, 2009.
- CORDEIRO, G. M.; DEMÉTRIO, C. G. B. **Modelos lineares generalizados e extensões**. Piracicaba: USP, 2008. 392 p.
- COSTA, E. et al. Desenvolvimento inicial de mudas de jatobazeiro do cerrado em Aquidauana-MS. **Revista Brasileira de Fruticultura**, v. 33, n. 1, p. 215-226, 2011.
- CURSI, P. R.; CICERO, S. M. Fruit processing and the physiological quality of *Euterpe edulis* Martius seeds. **Journal of Seed Science**, v. 36, n. 2, p. 134-142, 2014.
- DAPONT, E. C.; SILVA, J. B. da; ALVES, C. Z. Initial development of açaí plants under shade gradation. **Revista Brasileira de Fruticultura**, v. 38, n. 2: (e-022), 2016.
- DESEURE, J. et al. Reliable determination of the growth and hydrogen production parameters of the photosynthetic bacterium *Rhodobacter capsulatus* in fed batch culture using a combination of the Gompertz function and the Luedeking-Piret model. **Heliyon**, v. 7, n. 7, e07394, 2021.
- DICKMANN, E. et al. Esterco ovino como componente de substratos para produção de mudas de juçara: emergência e vigor das sementes. **Anais da XI Mostra Nacional de Iniciação Científica e Tecnológica Interdisciplinar (MICTI)**, v. 1, n. 11, p. 1-5, 2018.
- DICKSON, A.; LEAF, A. L.; HOSNER, J. F. Quality appraisal of white spruce and white pine seedling stock in nurseries. **The Forestry Chronicle**, v. 36, n. 1, p. 10-13, 1960.
- ELOY, E. et al. Avaliação da qualidade de mudas de *Eucalyptus grandis* utilizando parâmetros morfológicos. **Floresta**, v. 43, n. 3, p. 373-384, 2013.
- EMILIANO, P. C. et al. Critérios de informação de Akaike versus Bayesiano: análise comparativa. **Anais do 19º Simpósio Nacional de Probabilidade e Estatística - SINAPE**, 2010.
- EVANS, J.; POORTER, H. Photosynthetic acclimation of plants to growth irradiance: the relative importance of specific leaf area and nitrogen partitioning in maximizing carbon gain. **Plant, Cell & Environment**, v. 24, n. 8, p. 755-767, 2001.
- FERREIRA, C. D. et al. Potencial fisiológico de sementes de *Peltogyne confertiflora* (Mart. Ex Hayne) Benth. por testes bioquímicos. **Brazilian Journal of Development**, v. 6, n. 9, p. 66428-66439, 2020.
- FITTER, A. H. Acquisition and utilization of resources. In: CRAWLEY, M. J. **Plant Ecology**. Austrália: Blackwell Scientific Publications, 1986. p. 375-406.

- FOLÉIS, G. R. S. et al. Tamanho do diásporo e substratos na germinação de sementes de palmeira Jussara (*Euterpe edulis* Mart.). **Magistra**, v. 24, n. 2, p. 103-107, 2012.
- FONSECA, É. de P. et al. Padrão de qualidade de mudas de *Trema micrantha* (L.) Blume, produzidas sob diferentes períodos de sombreamento. **Revista Árvore**, v. 26, n.4, p. 515-523, 2002.
- FRANCE, J.; DIJKSTRA, J.; DHANOA, M. S. Growth functions and their application in animal science. In: **Annales de zootechnie**, INRA/EDP Sciences, 45 (Suppl1), 1996. p.165-174.
- FREIRE, A. S. C. et al. Analysis of the establishment of seedlings of açai (*Euterpe oleracea* Mart.) in the understory of a forest of Amazon floodplain. **Earth Interactions**, v. 17, n. 9, p. 1-11, 2013.
- GARCIA, J. A. A. et al. Chemical composition and biological activities of Juçara (*Euterpe edulis* Martius) fruit by-products, a promising underexploited source of high-added value compounds. **Journal of Functional Foods**, v. 55, p. 325-332, 2019.
- GOMES, C. S.; STRANGFELD, M.; MEYER, M. Diauxie studies in biogas production from gelatin and adaptation of the modified Gompertz Model: two-phase Gompertz Model. **Applied Sciences**, v. 11, n. 3, p. 1067, 2021.
- GOMES, D. R. et al. Lodo de esgoto como substrato para produção de mudas de *Tectona grandis* L. **Cerne**, v. 19, n. 1, p. 123-131, 2013.
- GOMES, J. M. et al. Parâmetros morfológicos na avaliação de qualidade de mudas de *Eucalyptus grandis*. **Revista Árvore**, v. 26, n. 6, p. 655-664, 2002.
- GOMES, J. M., Paiva H. N. de. **Viveiros florestais: Propagação sexuada**. Viçosa: Editora UFV. (Série Didática). 2011. 116 p.
- GOSHU, A. T.; KOYA, P. R. Derivation of inflection points of nonlinear regression curves-implications to statistics. **American Journal of Theoretical and Applied Statistics**, v. 2, n. 6, p. 268-272, 2013.
- HENZEL, A. B. D. et al. Germinação de palmito-juçara (*Euterpe edulis* Mart. - Areaceae) submetido a escarificação mecânica. **Cadernos de Agroecologia**, v. 15, n. 2, 2020. Disponível em: < <http://cadernos.aboagroecologia.org.br/cadernos/article/view/3416/4466> >.
- HOFFMANN, G.; MOTA, C. S. Qualidade de mudas de juçaras produzidas em substratos contendo esterco ovino originários de diferentes localidades. **Anais da Mostra Nacional de Iniciação Científica e Tecnológica Interdisciplinar (MICTI)**. v. 1, n. 12, 2019.
- KRAUSE, G. H.; WEIS, E. **The photosynthetic apparatus and chlorophyll fluorescence**. An introduction. In: Applications of chlorophyll fluorescence in photosynthesis research, stress physiology, hydrobiology and remote sensing. Springer, Dordrecht, 1988. p. 3-11.
- LARRÉ, C. F.; ZEPKA, A. P. dos S.; MORAES, D. M. de. Testes de germinação e emergência em sementes de maracujá submetidas a envelhecimento acelerado. **Revista Brasileira de Biociências**, v. 5, supl. 2, p. 708-710, 2007.
- LIMA FILHO, J. M. P., et al. **Aspectos fisiológicos**. In: SOARES, J. M.; LEÃO, P. C. S. (ed.). A vitivinicultura no Semiárido brasileiro. Brasília, DF: Embrapa Informação Tecnológica; Petrolina: Embrapa Semi-Árido. cap. 3, p. 73-108, 2009.
- LORENZI, H. et al. **Flora Brasileira-Areaceae (Palmeiras)**. Nova Odessa, SP: Instituto Plantarum, 2010. 368 p.
- LUZ, P. B. da; FOLÉIS, G. R. S.; MAROSTEGA, T. N. Desenvolvimento de mudas de palmeira juçara em diferentes substratos e recipientes. **Revista de Biologia e Ciências da Terra**. v.13, n.1, 2013. Disponível em: <<http://joaootavio.com.br/bioterra/workspace/uploads/artigos/676-2867-1-pb-53df90d734add.pdf>>.
- MCMANUS, C. et al. Curvas de crescimento de ovinos Bergamácia criados no Distrito Federal. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v. 32, n. 5, p. 1207-1212, 2003.

- MAGUIRE, J. D. Speed of germination—Aid in selection and evaluation for seedling emergence and vigor 1. **Crop Science**, Madison: v. 2, n. 2, p. 176-177, 1962.
- MARTINELLI, G. (org.); MORAES, M. A. (org.). **Livro vermelho da flora do Brasil**. 1. ed. Rio de Janeiro: Andrea Jakobson: Instituto de Pesquisas Jardim Botânico do Rio de Janeiro, 2013. 1100 p.
- MARTINS, C. C. et al. Emergência e crescimento inicial de plântulas de *Archontophoenix cunninghamiana* H. Wendl. & Drude provenientes de sementes de diferentes plantas matrizes. **Ciência Rural**, v. 43, n. 6, p. 1006-1011, 2013.
- MARTINS, C. C. et al. Metodologia para seleção de linhagens de soja visando germinação, vigor e emergência em campo. **Revista Ciência Agronômica**, v. 47, n. 3, p. 455-461, 2016.
- MARTINS-CORDER, M. P.; SALDANHA, C. W. Germinação de sementes e crescimento de plântulas de diferentes progênies de *Euterpe edulis* Mart. **Revista Árvore**, v. 30, n. 5, p. 693-699, 2006.
- MATOS, D. M. S.; BOVI, M. L. A. Understanding the threats to biological diversity in southeastern Brazil. **Biodiversity & Conservation**, v. 11, n. 10, p. 1747-1758, 2002.
- MEDEIROS, A. C. de S.; NOGUEIRA, A. C. Planejamento da coleta de sementes florestais nativas. **Embrapa Florestas-Circular Técnica (INFOTECA-E)**, 2006. 9 p.
- MELLO, T. de et al. Reserve mobilization and in vitro germination of *Euterpe edulis* (Martius) seeds at different maturation stages. **Trees**, p. 1-12, 2021.
- MENDES, N. V. B. et al. Emergência e desenvolvimento inicial do açazeiro em diferentes substratos e ambientes. **Acta Iguazu**, v. 7, n. 2, p. 84-96, 2018.
- MITTERMEIER, R. A. et al. **Hotspots: Earth's biologically richest and most endangered terrestrial ecoregions**. CEMEX, SA, Agrupación Sierra Madre, SC, 1999. 431 p.
- MOLINA, I. R.; BOTREL, M. C. G. Germinação e desenvolvimento da muda de palmito Juçara em diferentes substratos. **Agrarian**, v. 2, n. 3, p. 115-122, 2009.
- MYERS, N. et al. Biodiversity hotspots for conservation priorities. **Nature**, v. 403, n. 6772, p. 853-858, 2000.
- NAKAZONO, E. et al. Crescimento inicial de *Euterpe edulis* Mart. em diferentes regimes de luz. **Brazilian Journal of Botany**, v. 24, n. 2, p. 173-179, 2001.
- NASA/POWER. NASA's Prediction of Worldwide Energy Resources, Data Access Viewer. **National Aeronautics and Space Administration**. 2021. Disponível em: <<https://power.larc.nasa.gov/data-access-viewer/>>. Acesso em: 02 de jan. de 2022).
- NASCIMENTO, W. M. O. do; GATTI, L. A. P. Recipientes para produção de mudas de *Euterpe oleracea*. **Anais do XXVI Congresso Brasileiro de Fruticultura**, Petrolina - PE. Sociedade Brasileira de Fruticultura, p. 885-888, 2019.
- NEUBURGER, M.; SOUZA, T. V. de; PAULILO, M. T. S. Crescimento inicial de plantas *Euterpe edulis* Mart. em diferentes condições de luz, água e nutrientes. **Rodriguésia**, v. 61, n. 2, p. 157-165, 2010.
- NOGUEIRA JUNIOR, L. R. N.; FISCH, S. T. V.; BALLESTERO, S. D. Influência da umidade do solo no desenvolvimento inicial de plantas do palmitheiro *Euterpe edulis* Mart. em floresta nativa. **Revista Biociências**, v. 9, n. 1, p. 7-13, 2003.
- OLIVEIRA, A. B. et al. Desenvolvimento de mudas de açaí em diferentes tipos de substrato. **Research, Society and Development**, v. 10, n. 12, e387101219327, 2021.
- PAINE, C. E. T. et al. How to fit nonlinear plant growth models and calculate growth rates: An update for ecologists. **Methods in Ecology and Evolution**, v. 3, n. 2, p. 245-256, 2012.
- PALMEIRO, M. P. S. et al. Viabilidade econômica da produção de polpa de *Euterpe edulis* Mart. em manejo extrativista na mata atlântica. **Anais do 6º Simpósio de Gestão Ambiental e Biodiversidade - SIGABI**. p. 33-38, 2017.

- PELINOVSKY, E. et al. Gompertz model in COVID-19 spreading simulation. **Chaos, Solitons and Fractals**, v. 154, e111699, 2022.
- PORTET, S. A primer on model selection using the Akaike Information Criterion. **Infectious Disease Modelling**, v. 5, p. 111-128, 2020.
- QUEIROZ, M. H. Botão germinativo do palmitreiro como indicador da germinação. **Revista Brasileira de Sementes**, v. 8, n. 2, p. 55-59, 1986.
- R CORE TEAM. R: A language and environment for statistical computing. **R Foundation for Statistical Computing**, Vienna, Austria, 2020. URL <<https://www.R-project.org/>>.
- RATKOWSKY, D. A.; GILES, D. E. A. **Handbook of nonlinear regression models**. New York: Marcel Dekker, Inc., 1990. 241 p.
- RATKOWSKY, D. A. Principles of nonlinear regression modeling. **Journal of Industrial Microbiology**, v. 12, n. 3, p. 195-199, 1993.
- REITZ, R. Palmeiras. In: REITZ, R. (ed.). **Flora ilustrada catarinense**. Itajaí, SC: Herbário Barbosa Rodrigues (HBR), 1974. 189 p.
- RICKLI-HORST, H. C. et al. Carposeminal biometry and germination of *Cabralea canjerana* (Vell.) Mart. **Floresta**, v. 47, n. 4, p. 391-396, 2017.
- RITCHIE, G. A. et al. Assessing plant quality. In: LANDIS, T. D.; DUMROESE, R. K.; HAASE, D. L. **The Container Tree Nursery Manual: Volume 7, Seedling Processing, Storage and Outplanting**, v. 7, Agriculture Handbook. 674. Washington, DC: U.S. Department of Agriculture Forest Service, 2010. cap. 2. p. 17-81.
- ROCHA, B. D. da et al. Influência de diferentes doses de fósforo no crescimento de mudas de cumaru. **Revista Agroecossistemas**, v. 10, n. 2, p. 136-146, 2018.
- SANTOS, J. S. dos; et al. Produção de matéria seca de plantas de algodoeiro submetidas à adubação orgânica. **Anais do Congresso Técnico Científico da Engenharia e da Agronomia**. Foz do Iguaçu: Confea, p. 1-4, 2016.
- SANTOS, R. F.; CARLESSO, R. Déficit hídrico e os processos morfológico e fisiológico das plantas. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v. 2, n. 3, p. 287-294, 1998.
- SARMENTO, J. L. R. et al. Estudo da curva de crescimento de ovinos Santa Inês. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v. 35, n. 2, p. 435-442, 2006.
- SCHULZ, M. et al. Composition and potential health effects of dark-colored underutilized Brazilian fruits—A review. **Food Research International**, v. 137, 109744, 2020.
- SCHWARZ, G. Estimating the dimension of a model. **The Annals of Statistics**. v. 6, n. 2, p. 461-464, 1978.
- SENEVIRATHNA, A. M. W. K.; STIRLING, C. M.; RODRIGO, V. H. L. Growth, photosynthetic performance and shade adaptation of rubber (*Hevea brasiliensis*) grown in natural shade. **Tree Physiology**, v. 23, n. 10, p. 705-712, 2003.
- SH, M. S.; TABARK, J. A.; ATYAF, J. M. Comparison between satellite rainfall data and rain gauge stations in the Al-Adhaim Watershed, Iraq. **Plant Archives**, v. 20, suppl. 2, p. 625-629, 2020.
- SIEKLICKI et al. Analysis of growth curves using Brody and Gompertz equations for Texel male lambs. **Anais da 54ª Reunião Anual da Sociedade Brasileira de Zootecnia**. p. 432. 2017
- SILVA, F. A de M. et al. Produção de mudas de juçara com resíduos agroindustriais e lodo de esgoto compostados. **Revista Brasileira de Engenharia de Biosistemas**, v. 9, n. 2, p. 109-121, 2015.
- SILVA, J. Z. da; REIS, M. S. dos. Fenologia reprodutiva e produção de frutos em *Euterpe edulis* (Martius). **Ciência Florestal**, v. 28, n. 1, p. 295-309, 2018.

SINÍCIO, R. Modelamento matemático da longevidade de sementes de Camu-Camu. **Revista Engenharia na Agricultura (Reveng)**, v. 23, n. 3, p. 203-211, 2015.

SOLER-GUILHEN, J. H. et al. *Euterpe edulis* seed germination parameters and genotype selection. **Acta Scientiarum. Agronomy**, v. 42, e42461, 2020.

SOMERSALO, S.; KRAUSE, G. H. **Changes in chlorophyll fluorescence related to photoinhibition of photosynthesis and cold acclimation of green plants**. In: Applications of Chlorophyll Fluorescence in Photosynthesis Research, Stress Physiology, Hydrobiology and Remote Sensing. Springer, Dordrecht, 1988. p. 157-164.

SOUSA, I. F. et al. Fitting nonlinear autoregressive models to describe coffee seed germination. **Ciência Rural**, v. 44, n. 11, p. 2016-2021, 2014.

TAIZ, L.; ZEIGER, E. **Fisiologia Vegetal**. 3 ed. 1ª reimpressão. Porto Alegre: Artmed, 2006. 643 p.

TAVARES, A. R. et al. Jussara palm seed germination under different shade levels. **Horticultura Brasileira**, v. 26, n. 4, p. 492-494, 2008.

TAVONI, R.; MANCERA, P.; CAMARGO, R. de F. Modelos clássicos e fracionários de Gompertz e Bertalanffy. **Proceeding Series of the Brazilian Society of Computational and Applied Mathematics**, v. 5, n. 1, 2017. 6 p.

TIBERIO, F. C. S. et al. 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**, v. 72, n. 4, p. 955-962, 2012.

TREVISAN, A. C. D. et al. Market for Amazonian açai (*Euterpe oleracea*) stimulates pulp production from Atlantic Forest juçara berries (*Euterpe edulis*). **Agroecology and Sustainable Food Systems**, v. 39, n. 7, p. 762-781, 2015.

VASCONCELOS, Y. L. et al. Métodos de custeio aplicáveis em viveiros florestais. **Revista Custos e @gronegocio Online**, v. 8, n. 2, p. 158-175, 2012.