INFLUÊNCIA DOS PARÂMETROS DE DIVERSIDADE GENÉTICA NO DESENVOLVIMENTO DE BANCO DE GERMOPLASMA DE *Euterpe edulis* Mart.

Jônatas Gomes Santos, Aléxia Gonçalves Pereira, Diego Pereira do Couto, Carlos Rafael Scarton Perin, Marcia Flores da Silva Ferreira, Adésio Ferreira.

[1] Universidade Federal do Espírito Santo/Departamento de Agronomia, Alto Universitário, S/N, Guararema - 29500-000 – Alegre, ES, Brasil, gomesjonatas21@gmail.com, alexiagp@gmail.com, diego_couto@hotmail.com, carlos.perin@edu.ufes.br, suelane.santos@edu.ufes.br, mfloressf@gmail.com, adesioferreira@gmail.com.

Resumo

A *Euterpe edulis,* popularmente conhecida como Juçara, é uma espécie amplamente distribuída na Floresta Atlântica. A avaliação de parâmetros de diversidade genética permite identificar como a diversidade genética de populações naturais está correlacionada com o pegamento de mudas plantadas em campo. Objetivou-se avaliar a correlação entre parâmetros de diversidade genética e o estabelecimento de mudas de *Euterpe edulis* em condições de campo. O experimento foi conduzido no município de Mimoso do Sul, Espírito Santo, Brasil. A avaliação de sobrevivência foi realizada aos 60 e 120 dias após o plantio. Os dados de diversidade genética utilizados, obtidos a partir de SNPs fazem parte do banco de dados do Grupo de Pesquisa em Genética e Biometria da Universidade Federal do Espírito Santo. s análises e visualizações dos resultados foram realizadas no ambiente R. Houve correlação entre os parâmetros de diversidade genética avaliados e a taxa de sobrevivência dos genótipos. Esses resultados evidenciam a importância da diversidade genética no vigor adaptativo e sobrevivência das plantas diante das variações encontradas no ambiente.

Palavras-chave: Banco de germoplasma; Juçara, Taxa de sobrevivência.

Área do Conhecimento: Ciências Biológicas; Genética.

Introdução

A *Euterpe edulis,* popularmente conhecida como Juçara, é uma espécie amplamente distribuída na Floresta Atlântica, apresentando uma grande relevância estrutural na formação da arquitetura deste bioma (Favaro *et al*., 2021; Leal *et al*., 2022). Além disso, a importância ecológica que essa espécie possui faz com que seja considerada uma espécie-chave da Floresta Atlântica, pois a produção dos seus frutos ocorre em época de escassez de alimento na floresta, servindo de alimento para diferentes espécies de mamíferos e aves que, consequentemente contribuem para dispersão de suas sementes (Reis *et al*., 2000; Leal *et al*., 2022).

Apesar de sua relevância ecológica, a espécie encontra-se ameaçada de extinção, principalmente em decorrência da fragmentação florestal e do corte da palmeira para extração do palmito, prática que elimina o indivíduo adulto e compromete a regeneração natural das populações (Martinelli e Moraes, 2013). Essa pressão antrópica, associada à perda e à fragmentação de habitats, tem reduzido significativamente o tamanho populacional e a diversidade genética remanescente nos fragmentos de Floresta Atlântica, comprometendo a viabilidade das populações a médio e longo prazo (Pereira *et al*., 2022; Santos *et al*., 2023).

Diante desse cenário, a conservação da espécie exige esforços e estratégias que desvinculem seu consumo do corte para extração do palmito, associando sua imagem à produção de produtos derivados do uso sustentável dos frutos como matéria-prima (Mengarda *et al*., 2022). Nesse sentido, a formação de bancos de germoplasma, com o objetivo de preservar a diversidade genética existente nos remanescentes florestais, configura-se como uma estratégia viável e complementar às ações de conservação in situ, garantindo a manutenção variabilidade genética suficiente para a resiliência da espécie frente a alterações ambientais.

Estudos demonstram que os frutos da juçara apresentam níveis elevados de compostos bioativos, como antocianinas, além de proteínas e fibras, superando, os valores encontrados no açaí (*Euterpe oleracea*), espécie tradicionalmente explorada na Amazônia (Bicudo *et al*., 2014; Schulz *et al*., 2016).

Dados de produção evidenciam que a juçara possui potencial para sustentar uma cadeia produtiva semelhante à do açaí amazônico, representando uma alternativa econômica viável para comunidades da Floresta Atlântica, capaz de conciliar geração de renda e conservação da espécie por meio do manejo sustentável dos frutos (Canal *et al*., 2023).

No entanto, para que essa cadeia produtiva se consolide de forma sustentável, é fundamental garantir o estabelecimento eficiente de mudas em campo, que tem sido um desafio para *Euterpe edulis,* devido às características intrínsecas da espécie. Contudo, o sucesso no estabelecimento não depende apenas da quantidade de mudas produzidas, mas também da diversidade genética envolvida nesse processo, uma vez que fatores genéticos influenciam diretamente características como sobrevivência, vigor e capacidade adaptativa das plantas às condições ambientais locais (Santos *et al*., 2026). Nesse contexto, a avaliação de parâmetros genéticos permite identificar como a diversidade genética de populações naturais está correlacionada com o pegamento de mudas plantadas em campo.

Diante do exposto, o presente trabalho teve como objetivo avaliar a correlação entre parâmetros de diversidade genética e o estabelecimento de mudas de *Euterpe edulis* em condições de campo, buscando gerar subsídios que auxiliem tanto os programas de conservação genética e manejo da espécie.

Metodologia

O plantio foi realizado com sementes provenientes de seis localidades no estado de Minas Gerais (Tabela 1). As sementes foram germinadas em casa de vegetação durante três meses sob irrigação manual a cada 24 horas. O experimento foi conduzido em uma propriedade particular no município de Mimoso do Sul, Espírito Santo, Brasil (21°04'18,32"S; 41°23'28,62"O) quando as sementes apresentavam estágio de plântulas com duas folhas completamente expandidas. A irrigação das plântulas foi realizada por sistema de irrigação por gotejamento e fertirrigação (aplicação de fertilizantes líquidos diretamente na água de irrigação).

Tabela 1. Localização das propriedades de onde foram coletadas as sementes para plantio do experimento em Mimoso do Sul, número de genótipos doadores de sementes e o número de covas plantadas por localidade.

Localidade	Sigla	Número de genótipos por local	Número de covas plantadas por localidade
Acaiaca	BS	2	41
Governador Valadares	RS	2	20
Marliéria	MACH	5	89
Marliéria	SR	4	79
Matipó	JA	2	36
Santa Bárbara do Leste	CE	1	3

Fonte: Elaborada pelo próprio autor (2026).

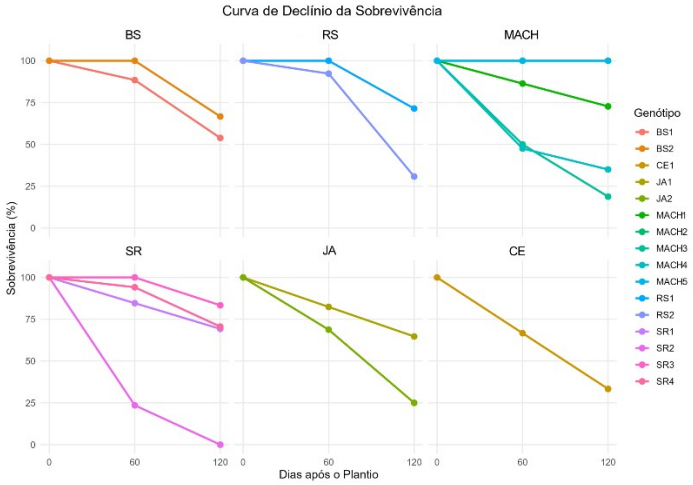
O experimento foi conduzido em julho de 2025, período cuja temperatura média estimada é de 21°C (INCAPER, 2011). Está época de plantio foi escolhida com objetivo de diminuir o estresse térmico das plântulas e evitar uma alta taxa de mortalidade. O plantio foi realizado com espaçamento de 3 x 0,60, entre plântulas e linhas, respectivamente. Em cada cova foram plantadas cinco plântulas para que pelo menos um indivíduo avançasse para os estágios posteriores de desenvolvimento. O monitoramento do crescimento e registro de sobrevivência foi realizado aos 60 e 120 dias após o plantio, nos meses de setembro e novembro de 2025. Para cada avaliação foi contabilizado o número de covas em que pelo menos uma plântula estivesse viva. A porcentagem de sucesso foi calculada em relação ao número total de covas plantadas no início do experimento. As análises e visualizações dos resultados foram realizadas no ambiente R, utilizando o pacote tidyverse.

Os dados de diversidade genética utilizados, obtidos a partir de SNPs fazem parte do banco de dados do Grupo de Pesquisa em Genética e Biometria da Universidade Federal do Espírito Santo. Os resultados de Heterozigosidade esperada (He), Heterozigosidade observada (Ho) e Coeficiente de endogamia (Fis) foram encontrados a partir da utilização de 2,929 SNPs altamente informativos. Todas as análises de diversidade genética foram realizadas no RStudio utilizando pacotes específicos para análise de SNPs como o *dartR*, *poppr* e *adegenet*. A análise de correlação dos dados genéticos com os dados de desenvolvimento em campo foram realizadas utilizando os pacotes *tidyverse*, *FactoMineR*, *Factoextra* e *ggrepel*.

Resultados

A taxa de sobrevivência aos 60 dias após o plantio reduziu para todas as populações, como esperado para as plântulas de *Euterpe edulis,* entretanto conseguimos taxas de sobrevivências aos 120 após o transplante maiores que 50% para a mioria do . No entanto, alguns genótipos mantiveram-se estáveis para a população de BS, RS, MACH e SR. Aos 120 dias após o plantio, a taxa de sobrevivência diminuiu em todas as populações, inclusive, em algumas populações, como SR, o genótipo SR1 apresentou uma mortalidade de 100%. Para a população de MACH, o genótipo MAC5, foi o único genótipo que sobreviveu aos 120 dias após o plantio.

Figura 1. Curva de declínio da sobrevivência de genótipos de *Euterpe edulis* coletados em Minas Gerais. Os gráficos mostram o declínio por genótipo para cada população coletada.



Fonte: Elaborada pelo próprio autor (2026).

A análise dos parâmetros de diversidade genética das populações de *Euterpe edulis* amostradas ao longo da bacia do Rio Doce revelou variação entre os locais. A heterozigosidade observada (Ho) apresentou valores entre 0,092 (CE) e 0,189 (RS), enquanto a heterozigosidade esperada (He) variou de 0,108 (CE) a 0,208 (RS e SR) (Tabela 2). As populações de RS, MAC, SR e BS apresentaram os maiores valores de Ho, enquanto JA apresentou um valor intermediário e CE o menor valor observado. Com relação a He, os maiores valores foram observados em RS, SR, seguido por MAC, BS e JA. A população de CE apresentou o menor valor de He. Os valores de Fis observados variaram entre -0,10 e 0,08, sendo o valor negativo observado na população SR e os valores mais altos (0,08) encontrados em MAC e RS (Tabela 2).

Tabela 2. Parâmetros de diversidade genética estimados para populações de *Euterpe edulis*. Pop = sigla da população; Ho = heterozigosidade observada; He = heterozigosidade esperada; Fis = coeficiente de endogamia dentro das populações.

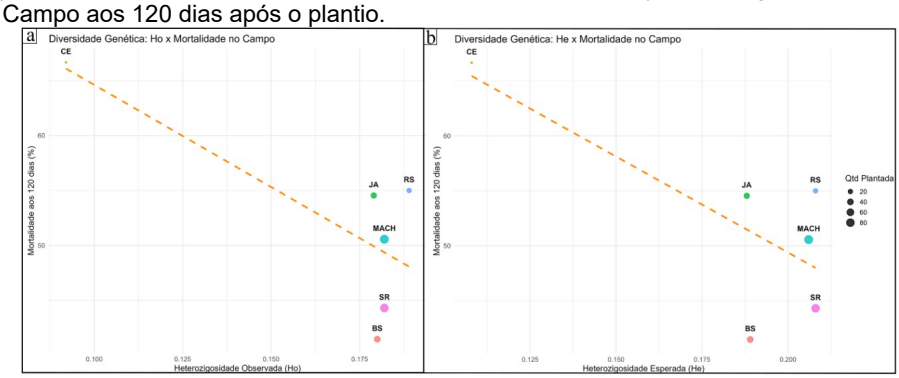
Pop	Ho	He	Fis
BS	0,180	0,189	0,04
RS	0,189	0,208	0,08
MACH	0,182	0,206	0,08
SR	0,182	0,208	-0,10
JA	0,179	0,188	0,04
CE	0,092	0,108	0,12

Fonte: Elaborada pelo próprio autor (2026).

A correlação entre heterozigosidade observada (Ho) e a porcentagem de mortalidade aos 120 após plantio evidenciou que populações com maior Ho apresentaram uma menor porcentagem de mortalidade (Figura 2a). As populações RS, SR, MAC, BS e JÁ apresentaram porcentagem de

mortalidade menor que 60%. Já a população CE que apresentou o menor valor Ho = 0,092 teve a maior mortalidade entre as populações analisadas (Figura 2a).

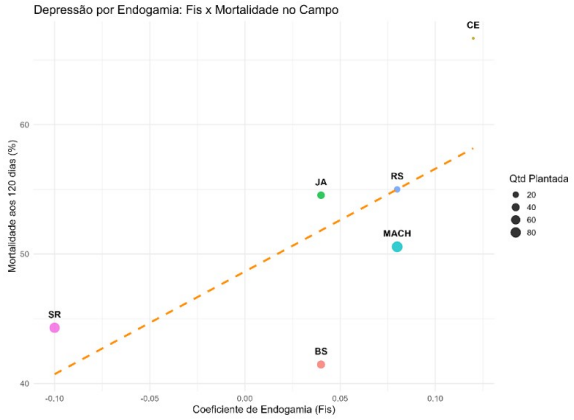
Figura 2. Correlação entre estimativas de diversidade genética e porcentagem de mortalidade. a) Heterozigosidade observada (Ho) e Mortalidade no Campo ao 120 dias após o plantio. b) Heterozigosidade esperada (He) x Mortalidade no Campo aos 120 dias após o plantio.



Fonte: Elaborada pelo próprio autor (2026).

As populações cujos valores do coeficiente de endogamia (Fis) foram mais altos apresentaram maior taxa de mortalidade. A população CE que apresentou o maior valor de Fis dentre as populações analisadas, apresentou uma porcentagem de mortalidade acima de 60% (Figura 3). As populações JA, RS e MAC apresentaram valores de mortalidade acima de 50%. A população SR que apresentou valor de Fis negativo, indicando um excesso de heterozigotos, quando correlacionado com a taxa de mortalidade apresentou a menor porcentagem (> 50%) (Figura 3).

Figura 3. Correlação entre o coeficiente de endogamia e a mortalidade de genótipos de *Euterpe edulis* coletados em Minas Gerais.



Fonte: Elaborada pelo próprio autor (2026).

Discussão

A diferença na porcentagem da taxa de sobrevivência entre as populações evidencia a variabilidade genética encontrada nas populações de *Euterpe edulis* coletadas no estado de Minas Gerais. Apesar da condição de plantio irrigado, a mortalidade dos indivíduos aos 60 e 120 dias após o plantio, mostra que o sombreamento é um fator relevante para o desenvolvimento da espécie. *Euterpe edulis* é uma espécie nativa da Mata Atlântica, logo, seus frutos são adaptados ao desenvolvimento em condições de sombreamento com pouca luminosidade, solos ricos em matéria orgânica devido a grande quantidade de serrapilheira encontrada no solo das florestas.

Para além das condições de plantio, os dados morfológicos e os parâmetros de diversidade estão diretamente correlacionados. As populações cujos valores de heterozigosidade observada e esperada foram mais altos, apresentaram a menor porcentagem de mortalidade ao final dos 120 dias de plantio, reforçando a importância da diversidade genética em populações naturais como mecanismo genético de tolerância a fatores bióticos e abióticos. Carvalho *et al.*(2020) ao avaliar a diversidade

genética de *Euterpe edulis* com SSRs, aponta a heterozigosidade observada como um fator importante para garantir vigor adaptativo e sobrevivência das plantas diante das variações encontradas no ambiente de cultivo.

Ao contrário disso, a população CE coletada em Santa Bárbara do Leste que apresentou um baixo valor de heterozigosidade observada, apresentou uma maior porcentagem de mortalidade. De acordo com Laindorf *et al.* (2020), baixo valor de heterozigosidade observada está relacionado à perda de adaptabilidade, e pode levar a reduções no estabelecimento e sobrevivência de plântulas (Laindorf *et al.*,2020). A diversidade genética avaliada por meio das medidas de heterozigosidade observada e esperada é um fator crucial para o desenvolvimento de genótipos em campo. Conte *et al.* (2003) demonstraram que o aumento da frequência de heterozigotos em *Euterpe edulis* é importante para maior sobrevivência de indivíduos, sugerindo que a seleção natural favorece indivíduos geneticamente mais diversos.

A relação positiva entre o coeficiente de endogamia (FIS) e a taxa de mortalidade aos 120 dias evidencia a ocorrência de depressão por endogamia durante a fase de estabelecimento no campo. O aumento do déficit de heterozigotos reduz a capacidade de adaptação das progênies, indicando que o aumento no número de homozigotos atua diretamente no vigor e na sobrevivência das plântulas em campo. O aumento da homozigosidade em populações está relacionado a diferentes fatores como ausência de migração e acasalamento entre indivíduos aparentados. Estes fatores são agravados em populações com tamanho efetivo pequeno, onde ocorre um maior número de cruzamentos preferenciais. No caso de *Euterpe edulis,* fatores antrópicos podem estar atuando no aceleramento desses processos, como por exemplo a fragmentação da Mata Atlântica, diminuição dos fragmentos existentes e o corte dos indivíduos para obtenção do palmito para consumo.

As populações específicas, avaliadas no presente estudo, fazem parte da Bacia do Rio do Doce. Essas populações além de sofrerem as ações antrópicas, podem ter sido originadas de um único local, o que pode ter causado um efeito *bottleneck*, que consiste no aumento do número de indivíduos a partir de um número reduzido de indivíduos, também conhecido como efeito fundador. Neste contexto, levando em consideração os termos práticos de conservação e melhoramento, a amostragem de matrizes deve priorizar a maximização do fluxo gênico e a minimização de cruzamentos endogâmicos para assegurar taxas adequadas de sobrevivência no campo.

Conclusão

Os resultados evidenciaram que a diversidade genética é um fator importante para as populações de *Euterpe edulis*. Os plantio em campo com as populações de Minas Gerais mostraram que a variabilidade genética é fundamental na tolerância da espécie às alterações ambientais. Além disso, essa variabilidade é a base para o melhoramento genético e a conservação da espécie.

Referências

BICUDO, M. O. P.; RIBANI, R. H.; BETA, T. Anthocyanins, phenolic acids and antioxidant properties of juçara fruits (Euterpe edulis Mart.) along the on-tree ripening process. **Plant Foods for Human Nutrition**, Dordrecht, v. 69, n. 2, p. 142–147, 2014. Disponível em: https://doi.org/10.1007/s11130-014-0419-9. Acesso em: 06 set. 2026.

CARVALHO, M. 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**, Viçosa, v. 20, n. 4, p. 1–9, 2020. Disponível em: https://doi.org/10.1590/1984-70332020v20n4a61. Acesso em: 03 set. 2026.

CONTE, R. et al. Genetic diversity and recruitment of the tropical palm, Euterpe edulis Mart., in a natural population from the Brazilian Atlantic Forest. **Heredity**, Londres, v. 91, n. 4, p. 401–406, 2003. Disponível em: https://doi.org/10.1038/sj.hdy.6800347. Acesso em: 06 set. 2026.

FÁVARO, L. B. et al. Estrutura de uma Floresta Ombrófila Densa Montana com dominância de Euterpe edulis Mart. **Ciência Florestal**, Santa Maria, v. 31, n. 2, p. 550–568, 2021. Disponível

em: https://doi.org/10.5902/1980509810699. Acesso em: 05 set. 2026.

LAINDORF, B. L. et al. Genetic diversity and structure of Syagrus romanzoffiana (Cham.) Glassman (Arecaceae) in Southern Brazil. **Tropical Conservation Science**, Thousand Oaks, v. 11, p. 1–8, 2018. Disponível em: https://doi.org/10.1177/1940082918798330. Acesso em: 05 set. 2026.

MENGARDA, L. H. G. et al. Genetic diversity of juçara palm: an alternative for selection and conservation in cash crop for fruit production. **Frontiers in Forests and Global Change**, Lausanne, v. 5, art. 859081, 2022. Disponível em: https://doi.org/10.3389/ffgc.2022.859081. Acesso em: 06 set. 2026.

LEAL, A. et al. Impacts of landscape-scale forest loss and a dry event on the demographic structure of the endangered palm Euterpe edulis Mart. in the Atlantic Forest. **Frontiers in Forests and Global Change**, Lausanne, v. 5, art. 909901, 2022. Disponível em: https://doi.org/10.3389/ffgc.2022.909901. Acesso em: 06 set. 2026.

PEREIRA, A. G. et al. Patterns of genetic diversity and structure of a threatened palm species (Euterpe edulis Arecaceae) from the Brazilian Atlantic Forest. **Heredity**, Londres, v. 129, n. 3, p. 161–168, 2022. Disponível em: https://doi.org/10.1038/s41437-022-00549-7. Acesso em: 06 set. 2026.

REIS, Mauricio Sedrez dos et al. Management and conservation of natural populations in Atlantic Rain Forest: the case study of palm heart (*Euterpe edulis* Martius). **Biotropica**, [S. l.], v. 32, n. 4b, p. 894-902, 2000. DOI: 10.1111/j.1744-7429.2000.tb00627.x. Disponível em: https://doi.org/10.1111/j.1744-7429.2000.tb00627.x. Acesso em: 04 set. 2026.

SANTOS, A. S. et al. Tropical forest loss and geographic location drive the functional genomic diversity of an endangered palm tree. **Evolutionary Applications**, Hoboken, v. 16, n. 7, p. 1257–1273, 2023. Disponível em: https://doi.org/10.1111/eva.13525. Acesso em: 03 set. 2026.

SANTOS, J. G. et al. Genomic differentiation, diversity, and genetic structuring of Euterpe edulis Mart. morphotype in Espírito Santo, Brazil. **Ecology and Evolution**, Hoboken, v. 16, n. 1, e72921, 2026. Disponível em: https://doi.org/10.1002/ece3.72921. Acesso em: 03 set. 2026.

SCHULZ, M. et al. Juçara fruit (Euterpe edulis Mart.): sustainable exploitation of a source of bioactive compounds. **Food Research International**, Barking, v. 89, p. 14–26, 2016. Disponível em: https://doi.org/10.1016/j.foodres.2016.07.001. Acesso em: 05 set. 2026.

Agradecimentos

Os autores agradecem à Biodiversidade do Rio Doce, o Fundo Brasileiro para a Biodiversidade (FUNBIO), a Fundação Renova, à Universidade Federal do Espírito Santo (UFES), à Fundação de Amparo à Pesquisa do Espírito Santo (FAPES, Vitória—ES, Brasil), ao Conselho Nacional de Pesquisa (CNPq, Brasil) e a Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (CAPES, Brasil)—Código de Financiamento 001.