

ÍNDICES FISIOLÓGICOS E DIVERSIDADE GENÉTICA EM POPULAÇÃO DE TAIOBA DO SUL DO ESPÍRITO SANTO

Jose Rodrigo Padilha da Silva¹, Arthur Debossan Borges¹, Ana Carolina Torres de Souza Vaillant¹, Josimar Aleixo da Silva², Fábio Luiz de Oliveira³, Ana Carolina Torres de Souza Vaillant¹, Felipe Valadares Ribeiro Avelar², Paulo Cesar Cavatte⁴

¹Graduando em Agronomia pelo Centro de Ciências Agrárias e Engenharias da Universidade Federal do Espírito Santo (CCAUE-UFES), Alegre - ES, Brasil, rodrigopadilhasantos3835@gmail.com; arthurdebossan14@gmail.com; carol.tsv345@gmail.com.

²Programa de Pós-Graduação em Agronomia da Universidade Federal do Espírito Santo (UFES), Alegre-ES, Brasil, josimaraleixo_@hotmail.com, felipevaladaresribeiroavelar@hotmail.com

³Professor do Departamento de Agronomia no Centro de Ciências Agrárias e Engenharias da Universidade Federal do Espírito Santo (CCAUE-UFES), Alegre - ES, Brasil, fabiocapi@yahoo.com.br.

⁴Professor do Departamento de Biologia no Centro de Ciências Exatas, Naturais e da Saúde da Universidade Federal do Espírito Santo (CCENS-UFES), Alegre - ES, Brasil, cavattepc@hotmail.com.

Resumo

Hortaliças são plantas alimentícias ricas em vitaminas, fibras, carboidratos, minerais e até proteínas. Existe um grupo de plantas denominadas alimentícias não convencionais (Pancs), essenciais para a consolidação de práticas alimentares que promovam a soberania e segurança alimentar, e neste grupo inclui a taioba. Assim, objetivou-se avaliar índices fisiológicos e diversidade genética em população de taioba do sul do Espírito Santo. O experimento foi realizado, em casa de vegetação da área experimental da Universidade Federal do Espírito Santo, Alegre - ES. Os propágulos foram provenientes da comunidade de Lagoa Seca, zona rural de Alegre – ES. Foram avaliados os teores de clorofila, flavonoides, antocianinas e balanço de nitrogênio. Os indivíduos apresentaram teores médios de 0.5865, 0.5249, 0.0510 e 1.1734 para clorofila, flavonoides, antocianinas e balanço de nitrogênio, respectivamente. Os índices fisiológicos detectaram variabilidade genética entre os indivíduos e o agrupamento dos mesmos em seis grupos. A variabilidade genética encontrada na população de taioba evidencia sua relevância para o melhoramento genético da cultura e conservação da espécie.

Palavras-chave: PANCS. *Xanthosoma sagittifolium*. Variabilidade genética.

Área do Conhecimento: Engenharia Agrônoma.

Introdução

A produção de hortaliças possui um papel fundamental tanto para o comércio quanto para subsistência, exercendo um papel importante para a agricultura familiar, contribuindo cada vez mais para o seu fortalecimento e, garantindo o sustento dessas famílias. A produção de hortaliças vem ganhando cada vez mais espaço no Brasil. Em 2005, conforme dados do Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE), a produção total de hortaliças foi cerca de 17.385,9 mil toneladas, ocupando uma área cultivada de 785,2 mil hectares. Estimativa mais recente, do censo agropecuário de 2017, apontam produção de 30,5 milhões de toneladas de hortaliças (BRAINER, 2021).

As hortaliças são plantas alimentícias de grande importância, podendo fornecer desde vitaminas, fibras, carboidratos, minerais até proteínas. E existe um grupo de plantas denominada plantas alimentícias não convencionais (Pancs), essenciais para a consolidação de práticas alimentares que promovam a soberania e segurança alimentar, e neste grupo inclui a taioba (TULER et al., 2019).

A taioba (*Xanthosoma sagittifolium*) é uma monocotiledônea da família Araceae. As plantas possuem raízes tuberosas, talo e folhas verde-clara na forma comestível e verde arroxeadas na forma não comestível sendo ambas no formato de coração, sua forma de propagação é através de rizomas. É originada da América Tropical e no Brasil é consumida principalmente nos estados do Espírito Santo, Minas Gerais e Rio de Janeiro, sendo pouco conhecida nos outros estados (KINUPP; LORENZI, 2014).

O seu consumo está cada vez maior entre os brasileiros, sendo um dos motivos a busca por alimentos mais saudáveis. A taioba se encaixa bem nesse requisito, por ser um alimento rico em vitamina A, cálcio e ferro, além das folhas, podem ser consumidas suas raízes talos e talos (KINNUP, 2009; PASCHOAL, et. al., 2016).

A diversidade genética de plantas alimentícias não convencionais, como a taioba, apresenta grande potencial para inclusão em sistemas de cultivos, ainda pouco explorado, na corrida para produção de alimentos mais saudáveis. A variabilidade genética permite que populações se adaptem sob condições de estresses bióticos e abióticos, contribuindo para a manutenção da saúde do ecossistema e a segurança alimentar (VIEIRA et al., 2021). A perda de diversidade genética pode resultar em vulnerabilidades, tornando as culturas suscetíveis a doenças e mudanças climáticas. Como a propagação da taioba é vegetativa, torna-se importante a existência de variabilidade genética entre as plantas para composição dos cultivos, sendo que a mesma pode ser estimada por diversas características, como índices fisiológicos. Índices fisiológicos, como de clorofila, antocianinas, balanço de nitrogênio e flavonoides são usados em pesquisas para diversas culturas, inclusive para sistemas de cultivo de taioba (ALVES et al., 2023).

As antocianinas, pigmentos que conferem coloração às folhas, desempenham um papel importante na proteção contra estresses ambientais, como radiação UV, além de estarem associadas a propriedades antioxidantes que beneficiam a saúde humana (CARVALHO et al., 2020). A concentração de clorofila, é um indicador crucial da capacidade fotossintética, que vai refletindo diretamente na eficiência da planta em captar luz e produzir energia (SILVA et al., 2019). O balanço de nitrogênio é fundamental para o desenvolvimento da planta, uma vez que esse nutriente é essencial para o crescimento e desenvolvimento da taioba, influenciando a síntese de proteínas e outros compostos metabólicos (VIEIRA et al., 2021). Os flavonoides, compostos bioativos presentes na taioba, não apenas conferem proteção contra pragas e doenças, mas também contribuem para a qualidade nutricional da planta, demonstrando sua importância tanto do ponto de vista agrônomo quanto na saúde (VIANA et al., 2015).

Em face disso, é fundamental investigar a diversidade genética em acessos de taioba, a partir de características de fácil medição e alto rendimento, que possam ser utilizadas em programas de melhoramento genético e conservação (MARTINS et al., 2023). Assim, o objetivo nesta pesquisa foi determinar índices fisiológicos e estimar a diversidade genética em população de taioba do sul do Espírito Santo.

Metodologia

O experimento foi realizado em casa de vegetação localizada na Universidade Federal do Espírito Santo, campus de Alegre-ES com coordenadas geográficas de 20.761833° S e 41.537026° W. O clima da região Sul do Espírito Santo, segundo classificação de Köppen, é do tipo "Aw", com duas estações bem definidas durante o ano, sendo uma estação quente e chuvosa entre os meses de outubro a março e outra fria e seca nos meses abril a setembro, com temperatura média anual de 23° C, e precipitação anual em torno de 1.200 mm.

Os propágulos de taioba foram provenientes da comunidade de Lagoa Seca, zona rural do município de Alegre – ES. As plantas surgem e se desenvolvem de forma espontânea em meio a outros cultivos, como de cafeeiros, e próximo a estrada de acesso para a comunidade. Os propágulos foram coletados em junho 2023 e as plantas foram cultivadas em vasos plásticos com volume e 8 litros de solo por 60 dias. Conforme a literatura, Embrapa (2017), a produção comercial da taioba inicia-se a partir de 60 dias após o plantio, quando as folhas apresentam tamanhos de 30 de comprimento e, a continuidade da colheita se dá após o crescimento de novas folhas.

As avaliações realizadas foram de teor de clorofila, flavonoides, antocianinas e balanço de nitrogênio, com o auxílio do aparelho Medidor Multi Pigmentos (MPM-100 - ADC BioScientific®). Foi tomada uma folha totalmente expandida de cada vaso e realizada a medição com o aparelho.

Os dados foram submetidos à análise de estatística descritiva e da confecção de gráficos de Boxplot. Além disso, foi realizada a análise multivariada de agrupamento dos indivíduos da população pelo método hierárquico da ligação média (UPGMA), com a distância genética entre os indivíduos estimada pelo da Distância Euclidiana Média. Todas as análises foram realizadas no programa R vs. 4.3.0 (R CORE TEAM (2023))

Resultados

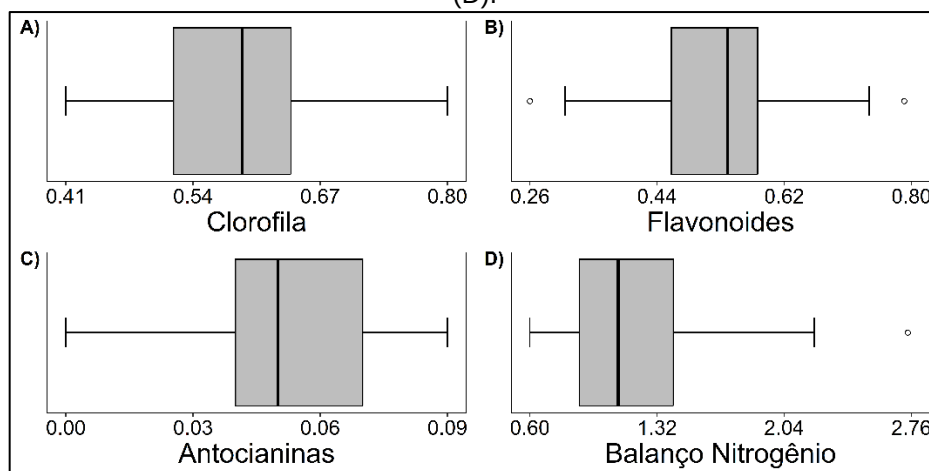
Na população de taioba da comunidade Lagoa Seca, Alegre –ES, os indivíduos apresentaram índices clorofila variando entre 0,41 e 0,8 com uma média de 0,5865. Já para os flavonoides os valores de mínimo e máximo foram de 0,26 e 0,7900, respectivamente, e média de 0,5249. O teor de antocianinas variou de 0 a 0,09 apresentando uma média 0,0510. Por fim o balanço de nitrogênio apresentou variações entre 0,6 até 2,74 e média de 1,1000 (Tabela 1). Dentre os índices fisiológicos avaliados, as antocianinas e o balanço de nitrogênio apresentaram maiores coeficientes de variação, indicando que tais parâmetros estão mais relacionados com a variabilidade dos dados.

Tabela 1- Análise descritiva de índices fisiológicos de 136 indivíduos de população de taioba proveniente da comunidade Lagoa Seca, Alegre - ES.

Estatística descritiva	Clorofila	Flavonoides	Antocianinas	Balanço de nitrogênio
Máximo	0.8000	0.7900	0.0900	2.7400
Mínimo	0.4100	0.2600	0.0000	0.6000
Média	0.5865	0.5249	0.0510	1.1734
Mediana	0.5900	0.5400	0.0500	1.1000
Desvio padrão	0.0889	0.0924	0.0180	0.3657
Variância	0.0079	0.0085	0.0003	0.1337
Amplitude	0.3900	0.5300	0.0900	2.1400
Erro padrão da média	0.0076	0.0079	0.0015	0.0314
Coeficiente de variação (%)	15.17	17.60	35.34	31.17

A distribuição dos dados de clorofila apresentou mediana de 0,59, o que significa que metade dos indivíduos da população possui teores de clorofila abaixo desse valor e 75% possuem teores abaixo de 0,65. A distribuição é relativamente simétrica sem valores discrepantes fora dos teores máximos e mínimos observados. Para os flavonoides a mediana apresentou valor de 0,54 com os teores concentrados em torno de 0,46 e 0,6. Foram observados outliers próximos de 0,26 e 0,8. As antocianinas estão concentradas entre 0,04 e 0,06, com 50% dos valores observados até 0,05 e uma assimetria negativa, com muitos indivíduos apresentando teores próximos de zero. O índice de balanço de nitrogênio apresentou mediana de 1,10 e os indivíduos concentrados entre 0,9 e 1,3, porém o gráfico mostra uma assimetria positiva e outliers positivos (Figura 1 e Tabela1).

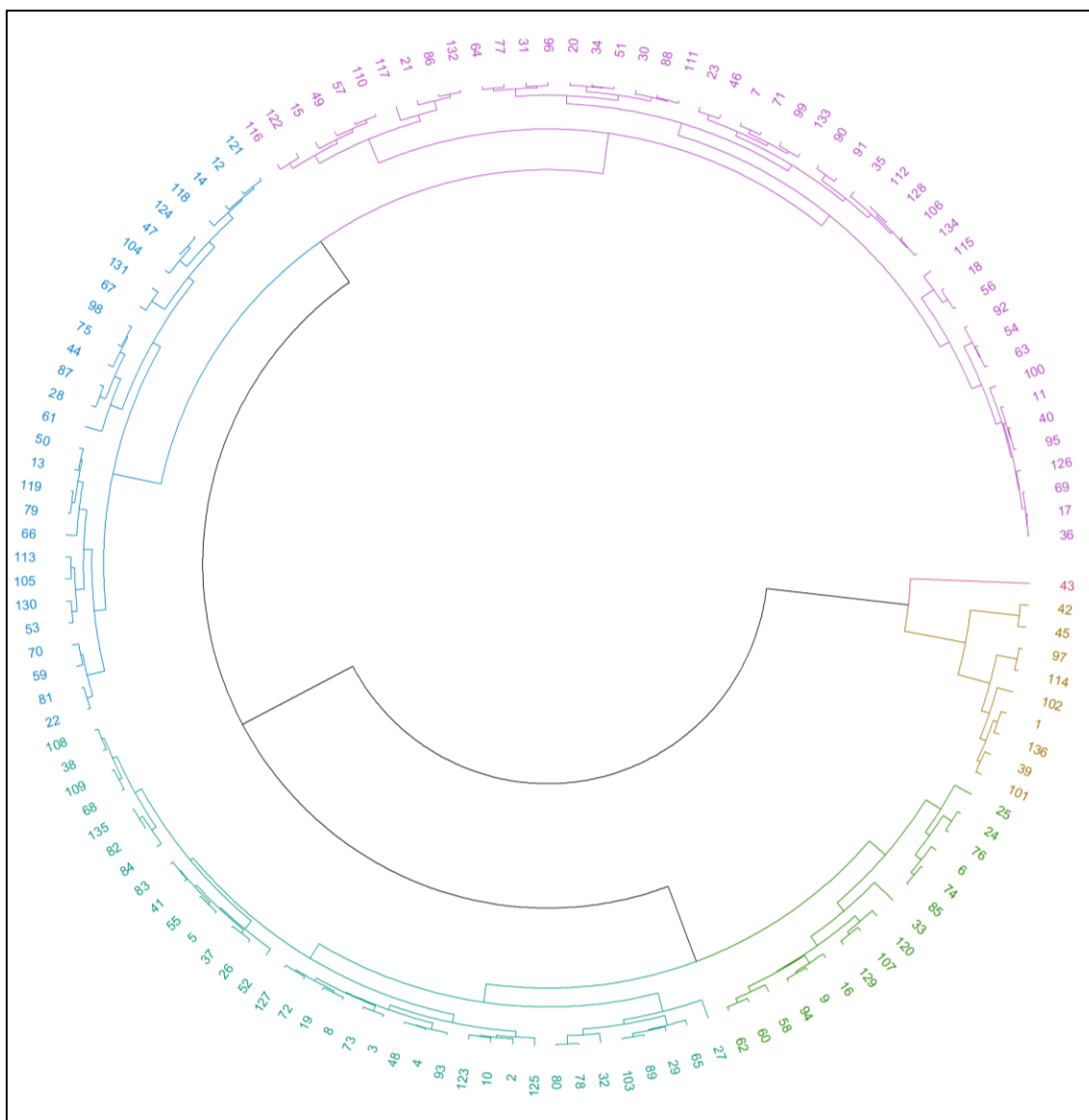
Figura 1 - Gráficos Boxplot de 136 indivíduos da população de taioba do Sul do Espírito Santo, a partir de índices fisiológicos: clorofila (A), flavonoides (B), antocianinas (C) e balanço de nitrogênio (D).



Os indivíduos, da população de taioba foram agrupados em 6 grupos, com base na distância genética entre eles estimada a partir dos índices fisiológicos. Os mais próximos, ou seja com menor distância genética, foram os indivíduos 89 e 103 e os mais distantes foram os indivíduos 1 e 2. O grupo

representado pela cor roxa foi o com o maior número de indivíduos, seguido pelos grupos azul, verde, amarelo e vermelho, com este último contendo um único indivíduo, formando um grupo isolado (Figura 2).

Figura 2 - Agrupamento de indivíduos de taioba com base na distância Euclidiana Média, a partir de índices fisiológicos de clorofila, flavonoides, antocianinas e balanço de nitrogênio.



Discussão

Os dados evidenciados no gráfico boxplot para Clorofila indica que os valores estão distribuídos de maneira relativamente simétrica e uniforme, não havendo outliers para essa variável analisada, indicando que não existem indivíduos dessa população com teores fora do padrão (Figura 1 A). Os índices de flavonoides exibiram um comportamento similar a clorofila, porém observou-se outliers tanto abaixo como acima dos limites observados (Figura 1 B).

Enquanto os índices de clorofila e flavonoides mostram distribuições mais homogêneas entre os indivíduos, os índices de antocianinas e, especialmente, o balanço de nitrogênio exibem maior heterogeneidade (Figura 1 C e D). O balanço de nitrogênio apresenta a maior variabilidade entre os quatro analisados. A grande amplitude interquartil e os limites extensos indicam que os indivíduos têm respostas variadas em relação ao balanço de nitrogênio. A assimetria positiva sugere que enquanto a maioria dos indivíduos está concentrada em valores mais baixos, há aqueles com valores mais altos e outliers positivos, possivelmente devido as diferenças genéticas entre os indivíduos. Sugere-se também que, os indivíduos com maior balanço de nitrogênio sejam os que apresentaram menor teor de flavonoides e vice versa, tendo em vista que flavonoides são metabólitos secundários produzidos pelas plantas em condições de estresse, como a limitação de N (DEMOTES-MAINARD *et al.* 2008).

Os outliers observados para a variável de balanço de nitrogênio evidenciam uma grande variabilidade genética dentre os indivíduos dessa população, sugerindo que esses indivíduos com melhores índices podem ser estudados a fundo, visando o melhoramento genético para a cultura da taioba pensando em melhor aproveitamento de Nitrogênio.

As antocianinas são compostos secundários com várias funções na planta, como por exemplo resposta a estresses (MILAGRES *et al.* 2018). O fato da maioria dos indivíduos estarem com teores muito baixos desse composto pode indicar boa adaptação ao ambiente onde foram cultivados, sem a geração de estresse por conta de fatores externos.

O agrupamento dos indivíduos, com base na distância genética entre eles, evidencia a existência da variabilidade genética dessa população. Isso corrobora com as medidas dos dados fisiológicos apresentadas na análise boxplot, onde para a variável de balanço de nitrogênio, por exemplo, existem indivíduos que se distanciam muito da mediana. A existência de diversidade genética pode conter combinações de genes únicas e valiosas para o melhoramento genético e importante para a conservação da espécie. Portanto, é crucial que essa variabilidade seja identificada e preservada (LORENZI ET AL., 2006; NODARI & GUERRA, 2015). A falta desse conhecimento acerca da diversidade limita o conhecimento acerca do uso e aproveitamento dessas hortaliças, que são fontes importantes de nutrientes (SFOGLIA *et al.*, 2019), especificamente a taioba sendo uma hortaliça não convencional.

Conclusão

Os indivíduos da população de taioba apresentaram os teores médios de 0.5865, 0.5249, 0.0510, 1.1734 para clorofila, flavonoides, antocianinas e balanço de nitrogênio, respectivamente.

Os índices fisiológicos foram capazes de detectar variabilidade genética entre os indivíduos e, o agrupamento dos mesmo em seis grupos distintos.

A variabilidade genética da população de taioba da comunidade Lagoa Seca evidencia a importância do estudo e da caracterização de populações para a identificação de indivíduos com características de relevância para o melhoramento genético da cultura e sua conservação.

Referências

ALVES, C. L. P.; OLIVEIRA, F. L.; MENDES, T. P.; SOUZA, D. A.; SILVA, J. A.; ZUCOLOTO, M.; DALVI, L. P. Arranjos de cultivo para taioba sob pomar de bananeira. **Semina: Ciências Agrárias**, v44, n.3, p.1017–1028, 2023.

BRAINER, M.S.C.P. **Produção de hortaliças na área de atuação do BNB**. Caderno Setorial Etene, Ano 6, nº 180. Agosto, 2021. Disponível em: https://www.bnb.gov.br/s482-dspace/bitstream/123456789/902/1/2021_CDS_180.pdf. Acesso em 24 junho 2024.

CARVALHO, A. M. *et al.* Fisiologia da taioba: aspectos relevantes para o cultivo. **Revista Brasileira de Agricultura Familiar**, v.15, n.2, p.123-132, 2020.

DEMOTES-MAINARD, S. *et al.* Indicators of nitrogen status for ornamental woody plants based on optical measurements of leaf epidermal polyphenol and chlorophyll contents. **Scientia Horticulturae**, v. 115, n. 4, p. 377-385, 2008.

EMBRAPA. **HORTALIÇAS não convencionais. Hortaliças tradicionais: taioba**. Brasília, DF: Embrapa Hortaliças, 2017. Disponível em: <https://www.embrapa.br/hortalicas/busca-de-publicacoes/-/publicacao/1071385/hortalicas-nao-convencionais-hortalicas-tradicionais-taioba>. Acesso em: 24 abril 2024

KINUPP, V. F.; LORENZI, H. **Plantas alimentícias não convencionais (PANC) no Brasil**: guia de identificação, aspectos nutricionais e receitas ilustradas. 1. ed. São Paulo: Instituto Plantarum de estudos de flora, 2014. Acesso em: 07 jun. 2022.

LORENZI, H. **Frutas brasileiras e exóticas cultivadas: de consumo in natura**. Instituto Plantarum de Estudos da Flora, 2006.

MARTINS, A. L.U. et al. Caracterização morfológica e avaliação agronômica de acessos de taioba (*Xanthosoma taioba* E.G.Gonç.). **Anuário do Instituto de Natureza e Cultura-ANINC**, v.6, n.1, 2023.

MILAGRES, C. C. et al. Índices de nitrogênio e modelo para prognosticar a produção de tubérculos de batata. **Revista Ceres**, v. 65, p. 261-270, 2018.

NODARI, R. O.; GUERRA, M. P. A agroecologia: estratégias de pesquisa e valores. **Estudos avançados**, v. 29, p. 183-207, 2015.

PASCHOAL, V.; SOUZA, N.S. **Plantas Alimentícias não convencionais (PANC)**. In: CHAVES, D.F.S. **Nutrição Clínica Funcional: Compostos Bioativos dos Alimentos**. São Paulo: VP Editora, 2016. Cap. 13. p. 302-323.

R CORE TEAM. R language and enviromental for statitiscal computing. **R Foundation for Statistical**, Vienna, Austria. 2023. Disponível em: <<http://www.r-project.org>>. Acesso em: 5 jun. 2023.

SFOGLIA, N. et al. Caracterização da agrobiodiversidade no Vale do Taquari, RS: levantamento florístico, consumo e agroindustrialização de hortaliças não convencionais. **Cadernos de Ciência & Tecnologia**, v. 36, n. 3, p. 26489, 2019.

SILVA, J. R. et al. Efeitos da luz e da irrigação nos índices fisiológicos da taioba. **Journal of Plant Physiology**, v.45, n.3, p.245-252, 2019.

TULER AC; PEIXOTO AL; SILVA NCB. Plantas alimentícias não convencionais (PANC) na comunidade rural de São José da Figueira, Durandé, Minas Gerais, Brasil. **Rodriguésia**, v. 70, e01142018, 2019.

VIANA, M. M. et al. Composição fitoquímica e potencial antioxidante de hortaliças não convencionais. **Horticultura Brasileira**, v.33, n.4, p.504–509, 2015.

VIEIRA, R. F. et al. A importância da diversidade genética nas plantas cultivadas. **Genética Agrária**, v.10, n.1, p.98-107, 2021.

Agradecimentos

À Fundação de Amparo à Pesquisa do Espírito Santo (FAPES) e ao Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (CNPq) pelo apoio na pesquisa e na concessão de bolsas.