AVALIAÇÕES FISIOLÓGICAS PARA SELEÇÃO DE CLONES DE MANDIOCA DE MESA (*MANIHOT ESCULENTA CRANTZ)*

Autores: João Felipe Pereira Franco[1], Natália Cassa Feleti, Mateus Sturião da Costa Lima, Andréia Uliana Majeski, Ana Paula Cândido Gabriel Berilli, Sávio da Silva Berilli.

1Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Espírito Santo, Rodovia ES-482 (Cachoeiro-Alegre), km 47, 29500-000 - Alegre-ES, Brasil, joaofelipepereira124@gmail, nataliacassa2@gmail.com, mateus.sturiao08@gmail.com, andreiamajeski@gmail.com, ana.berilli@ifes.edu.br, berilli@gmail.com.

Resumo
A mandioca de mesa apresenta grande importância para a segurança alimentar e para a agricultura familiar no Espírito Santo, sendo necessário avaliar materiais adaptados às condições locais. Este estudo teve como objetivo avaliar o comportamento agronômico de acessos de mandioca de mesa, buscando identificar diferenças entre os genótipos quanto às características relacionadas ao desenvolvimento e desempenho das plantas. Foram avaliados oito acessos, cultivados nos municípios de Santa Leopoldina, durante o ano agrícola de 2024. Foram analisados teores de clorofila, flavonoides, antocianinas e nitrogênio-flavonol, além de características morfoagronômicas e produtividade. Os resultados demonstraram diferenças significativas entre os genótipos para as características fisiológicas avaliadas. O acesso Verdinho apresentou maior teor de clorofila em Santa Leopoldina. Quanto à produtividade, o Branco apresentou o maior desempenho, seguido por Alegre 3, Alegre 1 e Verdinho. Conclui-se que os acessos apresentam comportamento fisiológico diferenciado e que alguns materiais se mostram promissores para estudos de adaptação e seleção de genótipos de mandioca de mesa.
Palavras-chave: Produtividade. Segurança alimentar. Sustentabilidade. Melhoramento Genético.

Área do Conhecimento: Agronomia

Introdução

O Brasil é reconhecido como o centro de origem e diversidade da mandioca (Manihot esculenta Crantz), e a nível global é tido como um dos principais produtores desse cultivo agrícola (FAO, 2022). No contexto histórico, econômico e social do sistema agrícola brasileiro, a mandioca desempenha um papel crucial como cultura de subsistência. Ela desempenha um papel fundamental, sendo um alimento presente tanto na dieta humana quanto na dieta animal. Além disso, é amplamente utilizada na indústria alimentícia (FAO, 2022; SOUZA, KALID, 2021). No ano agrícola de 2022, a produção das raízes alcançou a marca de 18,2 milhões de toneladas, em uma área total de 1,27 milhões de hectares, beneficiando- se dos preços elevados para a comercialização em todas as regiões do país (CONAB, 2023).

Apesar da ampla diversidade de mandioca existente, a disponibilidade de cultivares de mesa adaptadas as condições edafoclimáticas do Espírito Santo apresenta um atual desafio para a mandiocultura do estado, com isso, os agricultores frequentemente enfrentam o surgimento de doenças que prejudicam as raízes da mandioca. Isso ocorre devido ao fato da ampla limitação de novos materiais genéticos referente a cultura da mandioca de mesa (Hohenfeld *et al*., 2015). O acometimento das raízes pode resultar em problemas econômicos para os produtores, uma vez que o patógeno atinge diretamente as raízes, inviabilizando seu consumo e sua comercialização (BRASIL, 2022).

Diante da crescente ameaça das mudanças climáticas à segurança alimentar global, e considerando a agricultura familiar como principal modelo de produção agrícola, torna-se indispensável adaptar práticas agroecológicas às particularidades de cada região de cultivo agrícola. Até o momento, há um número muito pequeno de cultivares de mandioca registradas no MAPA e nenhuma delas é recomendada para plantio no ES, além disso, não há registro de cultivar até o momento, que manifeste resistência à fusariose e nem as alterações climáticas (Oliveira *et al,* 2015). Essa ausência de

variedades de mandioca de mesa resistentes a doenças e variações climáticas tem limitado as opções disponíveis para os agricultores no enfrentamento dessa ameaça fitossanitária. Portanto, o objetivo desse estudo é avaliar o comportamento agronômico de acessos de mandioca de mesa, para a seleção de materiais genéticos clonais, com alto potencial produtivo, adaptadas as condições edafoclimáticas do Espírito Santo.

Metodologia

O ensaio foi implantado no município de Santa Leopoldina localizado na região serrana do estado a cerca de 54 Km da capital Vitória. O conjunto experimental engloba oito acessos de mandioca de mesa, selecionadas junto aos produtores locais e banco de germoplasma da Universidade Federal do Espírito Santo - UFES (Tabela 1). A avaliação dos acessos foi executada empregando um delineamento de blocos casualizados, com três repetições.

Tabela 1. Descrição dos acessos de mandioca de mesa cultivados no ano agrícola de 2024.

TRATAMENTO	ORIGEM	DESCRIÇÃO
T1	Alegre/ES	Alegre 1
T2	Alegre/ES	Alegre 2
T3	Alegre/ES	Alegre 3
T4	Santa Leopoldina/ES	Manteiga
T5	Santa Leopoldina/ES	Verdinho
T6	Santa Leopoldina/ES	Manteiga Precoce
T7	Santa Leopoldina/ES	Canelinha
T8	Santa Leopoldina/ES	Branco

Fonte: Autores (2025)

O plantio foi realizado no mês de dezembro de 2023, onde o solo foi adequadamente preparado e parcialmente livre de resíduos de culturas anteriores. No momento do plantio, foram empregadas manivas de 15 cm de comprimento, selecionadas a partir da porção média e anterior das hastes lenhosas das plantas matrizes.

Essas manivas foram colocadas horizontalmente no solo, em covas com uma profundidade de 10 cm e 20 cm de largura entre as dimensões, aproximadamente. As unidades experimentais foram configuradas em fileiras duplas com extensão de 5 metros de comprimento, constituídas por 10 plantas mantendo um espaçamento de 1,0 x 1,0 m entre linhas e entre as plantas dentro de cada parcela. A adubação nos experimentos seguiu as diretrizes das análises de solo específicas para cada área de estudo, sendo recomendado calcário em uma quantidade de 130g/m^2 a lanço após a abertura das covas. Para a adubação de plantio, foram utilizados 30 gramas de 04-30-10 por planta e 05 gramas por planta de FTE. Após o estabelecimento da cultura, foram realizadas três adubações de cobertura, sendo uma delas o esterco cama de frango. A primeira adubação ocorreu 60 dias após o plantio, onde foram aplicados 300 gramas de esterco por planta. A segunda adubação ocorreu 90 dias pós plantio onde foram aplicados 15 gramas por planta de 18-04-17. A terceira e última adubação foi realizada 150 dias pós plantio onde foram aplicados mais 15 gramas por planta de 18-04-17. Os tratos culturais foram implementados em conformidade com as necessidades da cultura da mandioca. O experimento foi conduzido sob condições de sequeiro, utilizando a irrigação apenas para garantir o estabelecimento inicial das plantas. A colheita das plantas foi realizada ao final de seu ciclo germinativo completo, que teve uma duração de 12 meses após o plantio. As análises foram realizadas no laboratório de Agricultura Sustentável localizado no Instituto federal do espírito santo – Campus de Alegre.

Os dados referentes ao desenvolvimento das plantas foram avaliados de acordo com as seguintes características: Stand final: Determinado pelo número total de plantas na parcela útil no momento da colheita. Altura das plantas: Determinada através de avaliação visual de porte (Baixo, médio e alto). Diâmetro do caule: Determinado através do paquímetro digital expresso em milímetro, no momento da colheita, medido a 20 cm de altura do solo. Número de bifurcação por planta: Determinado pela contagem manual do número de bifurcações presentes no caule. Número de raiz por planta: Determinada pela contagem manual do número de raízes por planta na parcela obtida no momento da colheita. Diâmetro da raiz: Determinada pelo paquímetro digital expresso em milímetro, no momento da colheita, na região mediana da raiz. Comprimento das raízes: Determinado por um instrumento de medição de comprimento (régua). Produtividade: Foi obtida por meio da pesagem das raízes de todas as plantas da parcela e extrapolado para hectare ($t.ha^{-1}$). Para essas análises foram realizadas leituras em três pontos na face adaxial de cada folha, sendo esta etapa realizada em campo na parte da manhã, entre as 8:00 e 11:00 horas. Para essas avaliações foram utilizadas seis plantas dentro de cada parcela. Para avaliar flavonoides, clorofila, nitrogênio e antocinianina, foi utilizado o medidor de multi- pigmentos. Foram realizadas análises de variância individual para cada local e uma análise conjunta. Para tanto, os dados obtidos foram analisados utilizando-se os recursos computacionais do programa Genes (2016) e o Programa R CoreTeam.

Resultados

A análise de variância conjunta revelou que há variabilidade genética para a maioria das características avaliadas, indicando, desta forma, que é possível realizar a seleção de acessos para serem integrados a um programa de melhoramento de mandioca de mesa. O porte das plantas de mandioca é uma variável importante, estando diretamente associada ao manejo da lavoura, principalmente pelo fato, de ser uma cultura que utiliza muito pouco, ou quase nada, a mecanização. A análise conjunta dos dados demonstrou que não houve diferenças significativas entre as produtividades da mandioca de mesa, indicando que as variedades avaliadas apresentam um comportamento uniforme.

Tabela 2. Valores dos quadrados médios e suas significâncias da análise conjunta dos diferentes acessos de mandioca de mesa cultivados em Santa Leopoldina no ano agrícola 2024.

Variáveis	Bloco/Ambi	Trat	Amb	TratxAmb	Resíduo	Média	CV (%)
Stand	2.68	7.28*	123.52^{ns}	4.13^{ns}	1.39	8.06	14.66
Diam. Caule	15.97	71.10*	263.95^{ns}	42.01^{ns}	7.66	21.43	12.91
N° bifur.	39583	.80655^{ns}	.52083^{ns}	.23512^{ns}	.39583	2.10	29.90
N° Raiz	2.25	51.23*	176.33^{ns}	31.47^{ns}	14.80	14.5	26.53
Diam. Raiz	14.16	99.91*	1843.88^{ns}	62.50^{ns}	19.31	57.77	7.60
Comp. Raiz	40.89	45.00*	444.08^{ns}	14.67^{ns}	10.64	28.72	11.35
Produtividade	13678235.6	300711.2*	03475.2^{ns}	2463527^{ns}	37576.8	6072.4	31.92

Legenda: * = Significativo, Trat= Tratamento; Amb= Ambiente; TratxAmb= Tratamento x Ambiente; CV (%)= Coeficiente de variação. Diam. Caule= Diâmetro de caule; n° bifurcação= Número de bifurcação; n° raiz= número de raiz; Diam. Raiz= Diâmetro de raíz; Comp. Raiz= Comprimento de raíz. Médias seguidas pela mesma letra na coluna. ns = não significativo. Fonte: Autores (2025).

A Tabela 3 apresenta os resultados da análise de variância das características fisiológicas dos oito genótipos de mandioca de mesa cultivados em Santa Leopoldina, em relação a clorofila (Ch1M), flavonoides (FlvM), antocianina (AnthM) e nitrogênio-flavonol (NFI) obtidos pelo medidor de multipigmentos MPM100.

Tabela 3. Resumo da análise de variância das variáveis fisiológicas dos genótipos de mandioca de mesa cultivados em Santa Leopoldina.

	Quadrado Médio			
F.V	Ch1M	FlvM	AnthM	NFI
Bloco	0.0094531	0.008342	0.00006806	0.004050
Tratamento	0.0271558**	0.134959**	0.00064226ns	0.168971**
CV (%)	3.34	16.7	24.2	21.5
Média	0.5552	0.7590	0.07042	0.8233

Legenda: Ch1M= Clorofila; FlvM = Flavonóide; AnthM = Antocianina; NFI = Nitrogênio. Fonte: Autores (2025)

A Tabela 4 apresenta os resultados do teste de média dos oito genótipos de mandioca de mesa cultivados em Santa Leopoldina, evidenciando diferenças estatísticas significativas para Clorofila (Ch1M), Flavonóide (FlvM) e Nitrogênio (NFI). Para a variável clorofila (Ch1M), os genótipos que demonstraram médias superiores foram: Verdinho e Canelinha com valores médios de 0.70 e 0.67 respectivamente.

Tabela 4. Resultado do teste de média de Scott Knott, à 1% de probabilidade, dos dados fisiológicos obtidos pelo medidor de multipigmentos dos genótipos de mandioca de mesa cultivados em Santa Leopoldina.

Tratamento	Ch1M	FlvM	AnthM	NFI (nitrogênio)
Alegre 1	0.59^{b}	0.97^{a}	0.05^{a}	0.66^{b}
Alegre 2	0.54^{c}	0.67^{b}	0.05^{a}	1.00^{a}
Alegre 3	0.46^{e}	0.61^{b}	0.06^{a}	0.86^{b}
Manteiga	0.48^{e}	0.94^{a}	0.08^{a}	0.54^{b}
Verdinho	0.70^{a}	0.88^{a}	0.08^{a}	0.77^{b}
Manteiga P.	0.50^{d}	0.75^{a}	0.06^{a}	0.67^{b}
Canelinha	0.67^{a}	0.88^{a}	0.07^{a}	0.76^{b}
Branco	0.46^{e}	0.34^{c}	0.09^{a}	1.30^{a}

Legenda: Ch1M= Clorofila; FlvM = Flavonóide; AnthM = Antocianina; NFI = Nitrogênio-flavonol. Fonte: Autores (2025).

Discussão

Para a tabela 2 a análise conjunta dos dados demonstrou que não houve diferenças significativas entre os locais de cultivo para as características morfoagronômicas e de produtividade da mandioca de mesa, indicando que as variedades avaliadas apresentam um comportamento uniforme em ambos os ambientes. Em relação ao coeficiente de variação, ao qual infere sobre a boa condução experimental, vale destacar que para todas as características avaliadas o CV foi considerado adequado, sofrendo variações entre 7.60% e 31.92%. De acordo com Silva *et al*, (2011) a avaliação da qualidade e da precisão das pesquisas é um aspecto fundamental em experimentos agrícolas indicando a confiabilidade dos resultados. O stand apresentou média de 8,06 plantas por parcela, correspondendo a aproximadamente 80% de estabelecimento, valor considerado adequado e superior à média de 7,70 plantas observada por Souza *et al*, (2017). O diâmetro do caule apresentou bom vigor vegetativo dos genótipos avaliados, característica que pode estar relacionada à atividade fotossintética e ao crescimento da planta, o que influencia diretamente na resistência da planta na parte aérea sendo uma

característica desejável para seleção do genótipo (Andrade *et al*, 2014). O número de bifurcações foi, em média, duas por planta, o menor número de bifurcações é desejável por facilitar o manejo da cultura. O número de raízes apresentou média de 14,5 raízes por planta, sendo superior aos valores de 6,4 a 8,2 encontrados por Rós *et al*, (2013), característica que é importante para a cultura, mas que não dita a produtividade, pois possui uma relação direta com o rendimento das raízes (Omondi *et al*, 2025). Já o diâmetro e o comprimento das raízes apresentaram médias superiores aos valores relatados por Lessa *et al*, (2017). A produtividade apresentou inferior ao observado por Silveira *et al*, (2024). A menor produtividade pode estar associada ao excesso de chuvas durante o estabelecimento da cultura, que prejudicou o desenvolvimento das plantas e das raízes, o que afeta diretamente o rendimento ao produtor rural, já que preferencialmente vão optar por variedades que possuem uma maior produtividade. O plantio no início do período chuvoso pode favorecer o estabelecimento, o desenvolvimento radicular e a produtividade da mandioca (Silva *et al*, 2025).

Para a tabela 3 a análise de variância individual revelou que para as variáveis Clorofila (Ch1M), flavonóides (FlvM) e o índice nitrogênio-flavonol (NFI), houve diferença significativa a 1 % de probabilidade para a fonte de variação tratamento. Os dados relatam que os genótipos se comportaram de maneira distinta com relação a esses compostos que possuem influência direta com o crescimento e desenvolvimento das plantas. Com relação ao teor de Antocianina (AnthM), não houve diferença significativa, indicando que para essa variável os genótipos se comportaram de maneira uniforme.

Para a tabela 4 a variável flavonoides os genótipos com médias superiores foram: Alegre 1, Manteiga, Verdinho, Manteiga Precoce e canelinha. Para Ferreira *et al*, (2021) as folhas, além de serem o principal órgão fotossintético, são também importantes sítios de biossíntese de compostos bioativos, que conferem proteção às plantas contra o estresse oxidativo e possuem diversas propriedades benéficas à saúde humana. A produção desses metabólitos secundários está relacionada à adaptação das plantas a diferentes condições ambientais (Ferreira *et al*, 2021). Para o índice nitrogênio-flavonol (NFI) os tratamentos foram divididos em dois grupos de médias, entre eles os genótipos com médias superiores são Branco e Alegre 2, seguido pelos genótipos com médias variando entre 0.54 a 0.86. O nitrogênio é um nutriente essencial para o crescimento das plantas. Sua deficiência causa o amarelamento foliar, iniciando pelas folhas mais velhas, devido à sua mobilidade na planta. Por outro lado, o excesso de nitrogênio pode levar a um crescimento vegetativo irregular (TAIZ e ZEIGER, 2013).

Conclusão

Os resultados deste estudo demonstraram uma variabilidade significativa entre os genótipos de mandioca de mesa avaliados, Verdinho e Canelinha apresentaram maiores teores de clorofila, sugerindo uma hipótese de possuir crescimento da área foliar, enquanto Branco e Alegre 2 apresentaram maiores níveis de nitrogênio, indicando um crescimento potencialmente mais vigoroso. Diante dos achados, conclui-se que os genótipos Branco, Alegre 3, Alegre 1, Verdinho e Canelinha possuem maior potencial produtivo e podem ser incorporados em programas de melhoramento para cultivo no Espírito Santo, desde que associada à gestão adequada da fusariose.

Referências

ANDRADE, D. Da P. et al. Avaliação de cultivares de mandioca de mesa em diferentes idades de colheita. *Interciência*, v. 39, n. 10, p. 736-741, 2014.

BRASIL. Ministério da Educação. Projeto**:** Fortalecimento da agricultura capixaba. Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Espírito Santo. 42 p., 2022.

CONAB. Analise mensal: Mandioca – Maio de 2023. Companhia Nacional de Abastecimento. Gerência de Produtos Agrícolas (GERPA), p. 1-7, 2023. Disponível em: https://www.conab.gov.br/info-agro/analises-do-mercado-agropecuario-e- extrativista/analises-do-mercado/historico-mensal-de-mandioca. Acesso em: 11 de maio de 2024.

DE SOUZA, M. L. H. et al. Desempenho produtivo de duas variedades de mandioca cultivadas em sistema plantio direto com calcário e adubação potássica em cobertura. *Scientia Naturalis*, v. 6, n. 2, p. 669-683, 2024.

FAO. ORGANIZAÇÃO DAS NAÇÕES UNIDAS PARA A ALIMENTAÇÃO E A AGRICULTURA. O estado da Segurança Alimentar e Nutricional no Brasil: *Proagnóstico mandioca*. 2022. Disponível em: https://www.agricultura.,pr.gov.br. Acesso: 11 de maio de 2024.

FERREIRA, V. R.; BERILLI, S. da S.; RODRIGUES, D. D. Procedimentos para análises fisiológicas de folhas de mudas de hortaliças com auxílio de fluorômetro Multiplex®. *Edifes*. 2021.

FONSECA, R. B., PEREIRA, G. M. C. L., DE OLIVEIRA, J. B., MAGALHÃES, C. A. S., & DE OLIVEIRA, F. F. (2025). Agroecologia e Mudanças Climáticas no Semiárido: a Contribuição da Agricultura Familiar para a Segurança Alimentar. *Cadernos de Agroecologia*, 2025.

HOHENFELD, C. S. et al. Agressividade de isolados de Phytophthora spp., Botryosphaeria spp. e Fusarium spp. associados com a podridão radicular da mandioca. In: 16º Congresso Brasileiro de Mandioca / 1º Congresso latino- americano e caribenho de mandioca, p. 1-4, 2015.

OLIVEIRA, E. J. DE et al. Parâmetros genéticos da mandioca quanto à tolerância ao deficit hídrico. *Pesquisa Agropecuária Brasileira*, v. 50, n. 3, p. 233–241, 10 abr.2015.

OMONDI, J. O. et al. Tracking the storage root bulking of cassava under split application of fertilizer nutrients. Frontiers in Agronomy, v. 7, art. 1573919, 2025. DOI: https://doi.org/10.3389/fagro.2025.1573919.

SILVA, Ricardo B. et al. Crescimento e desempenho produtivo da mandioca em diferentes épocas de plantio no Agreste de Alagoas, Nordeste do Brasil. *Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental*, Campina Grande, v. 29, n. 6, e285686, 2025. DOI: 10.1590/1807-1929/agriambi.v29n6e285686.

SILVA, A. R. D.; CECON, P. R.; RÊGO, E. R. D.; NASCIMENTO, M. Avaliação do coeficiente de variação experimental para caracteres de frutos de pimenteiras. *Revista Ceres*, v. 58, p. 168-171, 2011.

Silveira, F. P. D. M., Lopes, W. D. A., Santos, G. L. D., Santos, M. G. D., Barboza, M., Silva, J. A. D., ... & Barros Júnior, A. P. (2024). Cultivares de mandioca de mesa eficientes e responsivas ao uso do fósforo. *Revista Caatinga*, 2024.

SOUZA, R. C. Avaliação do potencial agronômico de cultivares de mandioca oriundas do nordeste brasileiro. 2017. 44 f. Trabalho de conclusão de curso (mestrado) – Instituto Federal Goiano Campus Morrinhos, Programa de Pós- Graduação Mestrado Profissional em Olericultura, 2017.

SOUZA, E., KALID, R. Transferência de tecnologia no cultivo de mandioca: O caso do Projeto Reniva. Interações, v. 23, n. 2, p. 423-439, 2021.

TORRES, L. G. et al. Can cross-country genomic predictions be a reasonable strategy to support germplasm exchange? – A case study with hydrogen cyanide in cassava. *Frontiers in Plant Science*, v. 12, 15 p., 2021.

TAIZ, Lincoln; ZEIGER, Eduardo. *Fisiologia vegetal*. 5. ed. Porto Alegre: Artmed, 2013. 918 p.

Agradecimentos

O presente trabalho foi realizado com apoio da Fundação de Amparo à Pesquisa científica do espírito Santo (FAPES), Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (CNPq), Fortalecimento da Agricultura Capixaba (FORTAC), Laboratório de Agricultura Sustentável (LAS) e ao Instituto Federal do Espírito Santo – Campus de Alegre.