



TAMIRIS SILVA DOS SANTOS

**INTERAÇÃO GENÓTIPO X AMBIENTE NO
MELHORAMENTO GENÉTICO DA BATATA-DOCE**

**LAVRAS-MG
2023**

TAMIRIS SILVA DOS SANTOS

**INTERAÇÃO GENÓTIPO X AMBIENTE NO MELHORAMENTO GENÉTICO DA
BATATA-DOCE**

Dissertação apresentada à Universidade Federal de Lavras, como parte das exigências do Programa de Pós-Graduação em Agronomia/Fitotecnia, área de concentração em Produção Vegetal, para obtenção de título de Mestre.

Prof. Dr. Valter Carvalho de Andrade Júnior
Orientador

**LAVRAS-MG
2023**

Ficha catalográfica elaborada pelo Sistema de Geração de Ficha Catalográfica da Biblioteca
Universitária da UFLA, com dados informados pelo(a) próprio(a) autor(a).

Santos, Tamiris Silva dos.

Interação genótipo x ambiente no melhoramento genético da
batata-doce/ Tamiris Silva dos Santos. - 2023.

65p. : il.

Orientador(a): Valter Carvalho de Andrade Júnior.

Dissertação (mestrado acadêmico) - Universidade Federal de
Lavras, 2023.

Bibliografia.

1. *Ipomoea batatas*. 2. Época. 3. Rendimento de raízes. I.
Andrade Júnior, Valter Carvalho de. II. Título.

TAMIRIS SILVA DOS SANTOS

**INTERAÇÃO GENÓTIPO X AMBIENTE NO MELHORAMENTO GENÉTICO DA
BATATA-DOCE**

**GENOTYPE X ENVIRONMENT INTERACTION IN THE GENETIC
IMPROVEMENT OF SWEET POTATOES**

Dissertação apresentada à Universidade Federal de Lavras, como parte das exigências do Programa de Pós-Graduação em Agronomia/Fitotecnia, área de concentração em Produção Vegetal, para obtenção de título de Mestre.

APROVADA em 15 de agosto de 2023.

Dr. Luis Felipe Lima e Silva UFLA

Dr. Ernani Clarete da Silva UFSJ

Prof. Dr. Valter Carvalho de Andrade Júnior
Orientador

**LAVRAS-MG
2023**

*Agradeço a Deus pela força e coragem durante toda esta caminhada.
Aos meus pais e ao meu irmão, que tanto admiro, e que sempre me apoiaram nas minhas
realizações de vida.*

Ao meu esposo, que me incentivou e persistiu para eu não desistir do meu sonho.

Dedico

AGRADECIMENTOS

Primeiramente gostaria de agradecer a Deus, pela realização de um sonho em estudar em uma Universidade pública.

Em especial à Universidade Federal de Lavras e ao Programa de Pós-Graduação em Agronomia/Fitotecnia, pela oportunidade da realização do mestrado.

Ao apoio da Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior – Brasil (CAPES) pela concessão da bolsa. O presente trabalho foi realizado com o apoio da Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior – Brasil (CAPES) – Código de Financiamento 001.

Ao Professor Dr. Valter Carvalho de Andrade Júnior, pela orientação, dedicação, paciência e compreensão durante todo o período do mestrado.

Ao Professor Dr. Júlio Sílvio de Souza Bueno Filho, pelas sugestões e análises estatísticas.

Ao Pós-doutorando Orlando Gonçalves Brito e à doutoranda Ariana Lemes da Costa, do departamento de Agricultura, pela sugestão e correções no trabalho.

Ao doutorando Jeferson Carlos de Oliveira Silva, pelo auxílio no desenvolvimento do experimento e pelos conhecimentos adquiridos.

Ao Centro de Desenvolvimento e Transferência de Tecnologia (CDTT) da Universidade Federal de Lavras, onde foi realizado o experimento. Assim como aos colaboradores Vicente, Vanderlei e Ronaldo, que auxiliaram nas atividades.

Aos meus pais, Aguinaldo e Marlene, pelo qual sou grata pelos conhecimentos adquiridos, pelo incentivo e apoio na realização do mestrado.

Ao meu irmão Thiago, que está iniciando um novo ciclo ingressando na faculdade, e assim, espero poder contribuir nessa sua nova fase da vida.

Ao meu esposo Fernando Henrique, pelo qual não me deixou desistir, por mais que a distância fosse um obstáculo em nossas vidas, conseguimos juntos vencer todas as barreiras.

Aos familiares, avó, tios, primos, pelo incentivo, amor e carinho.

Aos amigos da vida, principalmente à Monique e família, pelas orações, carinho e conselhos pelo qual sou grata pela sua amizade.

A todos os amigos adquiridos na Universidade, principalmente à Maíra e Vitória, que me ajudaram na realização das atividades e estiveram comigo nos momentos felizes e tristes, pelo qual dividimos muitos momentos da vida juntas.

A todos que ficaram felizes com a minha conquista.

Muito obrigada!

“O sucesso é a soma de que pequenos esforços repetidos dia após dia.” (Collier)

“Tudo que um sonho precisa para ser realizado é alguém que acredite que ele possa ser realizado.” (Roberto Shinyashiki)

RESUMO

A batata-doce é considerada um alimento versátil e com alto teor nutritivo e ampla adaptabilidade a diferentes ambientes. Diante disso, é possível selecionar genótipos com diferentes aptidões agronômicas e adaptados aos diferentes ambientes de cultivo. Assim, objetivou-se com este estudo, avaliar os efeitos da interação genótipo x ambiente (GxE) em característica de genótipos de batata-doce aptos para a alimentação humana. Os experimentos foram conduzidos em duas épocas de cultivo, no Centro de Desenvolvimento e Transferência de Tecnologia (CDTT-UFLA), localizado no município de Ijaci-MG. O experimento de inverno foi conduzido no período de abril a outubro de 2019, enquanto que na época de verão o experimento ocorreu entre outubro de 2019 a abril de 2020. Cada experimento foi instalado no delineamento derivado de um látice triplo parcialmente balanceado, com três repetições. Verificadas por meio da análise estatística de modelos mistos, via teste LRT (*Likelihood Ratio Test*) para todas as características estudadas, como tratamento foram utilizados 100 genótipos elites de batata-doce, incluindo como testemunhas as cultivares comerciais Brazlândia Roxa, Princesa, Uruguaiana, BRS Amélia e Beauregard, além de três genótipos pré-avaliados (UFVJM-57, UFVJM-58 e UFVJM-61). Como caracteres quantitativos, avaliou-se a produtividade total de raízes (PTR), produtividade comercial de raízes (PCR) e produtividade de massa seca de raízes comerciais (PMSRC). Em relação às características qualitativas, avaliou-se agrupamento de raízes (AG), padrão comercial (PC), formato geral (FG) e resistência a insetos (RI). Os dados obtidos foram analisados por modelos estatísticos mistos (REML/BLUP), ranqueando-se as estimativas BLUP para a identificação dos 10 melhores genótipos para cada característica estudada. Verificou-se elevados valores de herdabilidade no sentido amplo (h_G^2) para as características, produtividade de raízes totais (71,44%), produtividade de raízes comerciais (65,45%), produtividade de massa seca de raízes comerciais (65,98%) e agrupamento de raízes (65,94%). Em relação a produtividade totais de raízes, os melhores rendimentos foram na época de inverno com a produtividade média de 47,99 t ha¹ e 36,76 t ha¹ verão. Considerando conjuntamente as épocas verão e inverno a produtividade foi de 42,38 t ha¹. A produtividade de raízes comerciais apresentou ganhos consideráveis na época de inverno (25,97 t ha¹), sendo 28,5% superior ao observado no verão (18,55 t ha¹). Os genótipos 2018-72-1418, 2018-19-464, 2018-28-556, 2018-72-1376, 2018-19-455 e a cultivar comercial Brazlândia Roxa, são indicados na seleção por possuírem adaptabilidade para as duas épocas avaliadas.

Palavras-chave: *Ipomoea batatas* L. Época. Rendimento de raízes. Dieta humana. Melhoramento de plantas.

ABSTRACT

Sweet potatoes are considered a versatile food with high nutritional content and wide adaptability to different environments. Therefore, it is possible to select genotypes with different agronomic abilities and adapted to different growing environments. Thus, the objective of this study was to evaluate the effects of the genotype x environment (GxE) interaction on the characteristics of sweet potato genotypes suitable for human consumption. The experiments were conducted in two growing seasons, at the Technology Development and Transfer Center (CDTT-UFLA), located in the municipality of Ijaci-MG. The winter experiment was conducted from April to October 2019, while in the summer the experiment took place between October 2019 and April 2020. Each experiment was installed in the design derived from a partially balanced triple lattice, with three replications. Verified through statistical analysis of mixed models, via the LRT test (Likelihood Ratio Test) for all studied characteristics, 100 elite sweet potato genotypes were used as treatments, including the commercial cultivars Brazlândia Roxa, Princesa, Uruguaiana, BRS as controls. Amélia and Beauregard, in addition to three pre-evaluated genotypes (UFVJM-57, UFVJM-58 and UFVJM-61). As quantitative characters, total root productivity (PTR), commercial root productivity (PCR) and dry mass productivity of commercial roots (PMSRC) were evaluated. Regarding qualitative characteristics, root grouping (AG), commercial standard (PC), general shape (FG) and insect resistance (RI) were evaluated. The data obtained were analyzed using mixed statistical models (REML/BLUP), ranking the BLUP estimates to identify the 10 best genotypes for each characteristic studied. There were high heritability values in the broad sense (h_G^2) for the characteristics, total root productivity (71.44%), commercial root productivity (65.45%), dry mass productivity of commercial roots (65.98%) and root grouping (65.94%). In relation to total root productivity, the best yields were in the winter season with an average productivity of 47.99 t ha⁻¹ and 36.76 t ha⁻¹ in summer. Considering the summer and winter seasons together, productivity was 42.38 t ha⁻¹. The productivity of commercial roots showed considerable gains in the winter season (25.97 t ha⁻¹), being 28.5% higher than that observed in the summer (18.55 t ha⁻¹). The genotypes 2018-72-1418, 2018-19-464, 2018-28-556, 2018-72-1376, 2018-19-455 and the commercial cultivar Brazlândia Roxa, are indicated in the selection because they have adaptability for the two seasons evaluated.

Keywords: *Ipomoea batatas* L. Season. Root yield. Human diet. Plant breeding.

LISTA DE FIGURAS

SEGUNDA PARTE

- Figura 1 - Dados meteorológicos de precipitação (mm), temperatura máxima (°C), temperatura mínima (°C), temperatura média (°C), umidade relativa do ar (%) e velocidade do vento (m/s) correspondentes a época de cultivo inverno (02 de abril a 04 de outubro de 2019). Fonte: Instituto Nacional de Meteorologia (2016). 39
- Figura 2 - Dados meteorológicos de precipitação (mm), temperatura máxima (°C), temperatura mínima (°C), temperatura média (°C), umidade relativa do ar (%) e velocidade do vento (m/s) correspondentes a época de cultivo verão (15 de outubro de 2019 a 26 de abril de 2020)..... 39

LISTA DE TABELAS

SEGUNDA PARTE

- Tabela 1 - Teste F para os efeitos fixos das fontes de variação época (E), avaliador (A) e interação avaliador x época (Ax E), e para efeitos aleatórios, representados pelos componentes de variância (variância genética (σG^2), a variância do erro (σR^2), a variância da interação genótipo x ambiente (σGE^2)) e a herdabilidade no sentido amplo (hG^2) em genótipos de batata-doce. UFLA, Lavras, MG, 2022. 44
- Tabela 2 - Ordenamento das estimativas dos valores genotípicos dos 10 melhores genótipos e os três com menores desempenho, e os erros padrão associados à estimativa para as características agronômicas quantitativas de acordo com a época de cultivo. UFLA, Lavras, MG, 2022. 47
- Tabela 3 - Ordenamento das estimativas dos valores genotípicos dos 10 melhores genótipos e os três com menores desempenho, os erros padrão associados à estimativa, e as notas estimadas (N) pelo modelo ProBit para as características agronômicas qualitativas de acordo com a época de cultivo. UFLA, Lavras, MG, 2022. 51

SUMÁRIO

PRIMEIRA PARTE	
1	INTRODUÇÃO.....13
2	REFERENCIAL TEÓRICO15
2.1	Cultura da batata-doce.....15
2.2	Batata-doce seus potenciais usos17
2.3	Melhoramento genético da batata-doce, adaptabilidade e estabilidade em diferentes ambientes20
2.4	Interação genótipo x ambiente (G x E)21
	REFERÊNCIAS.....24
	SEGUNDA PARTE – ARTIGO*33
	INTERAÇÃO GENÓTIPO X AMBIENTE NO MELHORAMENTO GENÉTICO DA BATATA-DOCE34
1	INTRODUÇÃO.....36
2	MATERIAL E MÉTODOS38
3	RESULTADOS43
4	DISCUSSÃO52
5	CONCLUSÕES.....56
	REFERÊNCIAS.....58

PRIMEIRA PARTE

1 INTRODUÇÃO

A batata-doce (*Ipomoea batatas* L.) pertence à família Convolvulaceae e teve origem na América Tropical Central, sendo cultivada em mais de 100 países (NIGUSSIE *et al.*, 2022). É uma planta de fácil manejo e que geralmente requer baixo consumo de insumos, cultivada especialmente em regiões tropicais e subtropicais (NEELA; FANTA, 2019). A cultura também é considerada um alimento estratégico para a segurança alimentar de populações e economicamente vulneráveis, principalmente em países da África e Ásia (KUMAR *et al.*, 2022). Nos países em desenvolvimento, a cultura é o quinto alimento mais consumido, atrás apenas do arroz, trigo, milho e mandioca (AINA *et al.*, 2012). Na China, a cultura é de grande importância econômica, pois além do baixo custo de implantação, apresenta elevadas produtividades nas regiões de clima frio e solos pobres do país, resultado da alta adaptabilidade da espécie (GONG *et al.*, 2021).

A cultura normalmente é consumida na alimentação humana, na forma cozida a vapor, frita, farinha, pão e macarrão, mas também pode ser utilizada para alimentação animal, extração de amido, álcool e biocombustível (ANDRADE JÚNIOR *et al.*, 2012; SILVA *et al.*, 2022). Esta grande diversidade de uso se deve ao conteúdo de amido, vitaminas e aminoácidos (ROSETO *et al.*, 2022). Além disso, as batatas-doces de polpas coloridas apresentam propriedades nutracêuticas, promovendo benefícios à saúde. As raízes de polpa alaranjada possuem alto teor de β -caroteno, o que pode auxiliar na prevenção de cegueira e anemia humana causada por deficiência de vitamina A (MENG *et al.*, 2021). Já as batatas-doces de polpa roxa possuem alto teor de antocianina, que tem efeito anticancerígeno, aumenta a imunidade e purifica o sistema cardiovascular (QIU *et al.*, 2018).

O consumo das folhas da batata-doce não é muito utilizado nos países produtores, podendo ser devido ao não conhecimento da sua finalidade, sendo então consumidas apenas as raízes (ANDRADE JÚNIOR *et al.*, 2012). Porém, as folhas e brotos da batata-doce são considerados ótimas fontes de nutrientes para a alimentação humana, pois são ricas em vitaminas A, B e C (KANG *et al.*, 2017). Este tipo de uso deve ser considerado como uma alternativa econômica para o produtor e uma fonte potencial de nutrientes para o consumidor.

Diante do elevado potencial alimentar da cultura, é fundamental o investimento em pesquisas de melhoramento genético que estimulem o desenvolvimento de genótipos superiores aos pré-existentes e com alto potencial alimentício. Os programas atuais de melhoramento genético têm priorizado a superioridade de características agrônômicas, como resistência a pragas e doenças, além de maior adaptabilidade as mudanças climáticas (MWANGA *et al.*,

2017). Os programas de melhoramento genético da cultura são facilitados devido à ampla variabilidade genética presente na espécie (OLIVEIRA *et al.*, 2021), resultado da autoincompatibilidade e hexaploidia ($2n = 6x = 90$) (LEAL *et al.*, 2021). Tais características favorecem a fecundação cruzada (NGAILO *et al.*, 2016; FENG *et al.*, 2020) e, conseqüentemente, possibilita uma grande quantidade de indivíduos divergentes nas gerações segregantes.

A batata-doce é uma planta de boa adaptação climática a ser cultivada sobre diversos ambientes. Entretanto, as características agrônômicas podem ser fortemente influenciadas pela interação GxE (ABIDIN *et al.*, 2017; GURMU *et al.*, 2017; NGAILO *et al.*, 2019). Com isso, um mesmo genótipo pode apresentar diferentes performances agrônômicas, a depender do ambiente de cultivo. Assim, é importante que no processo de desenvolvimento dos genótipos, os mesmos sejam avaliados em diferentes ambientes, de forma a compreender e atenuar os efeitos da interação GxE sobre a seleção (SABRI *et al.*, 2020).

Ressalta-se que esta interação entre o ambiente e os genótipos pode resultar em diferenças negativas ou positivas para cada caractere avaliado, o que reforça a necessidade de pesquisas para este entendimento. Nesse sentido, é fundamental que as análises de interação genótipo x ambiente sejam realizadas por melhorista na seleção e registro de novos genótipos. A identificação dos melhores ambientes de cultivo, sejam épocas ou locais de cultivo, pode proporcionar maiores rendimentos de raízes, com alto teor de nutrientes, baixo ataque de pragas e elevada qualidade de raízes (NGAILO *et al.*, 2019). Assim, objetivou-se com este estudo, avaliar os efeitos da interação genótipo x ambiente (GxE) no melhoramento da batata-doce.

2 REFERENCIAL TEÓRICO

2.1 Cultura da batata-doce

A batata-doce (*Ipomoea batatas* (L.) Lam.) é uma das raízes alimentícias de maior importância. A espécie pertence à família Convolvulaceae, do gênero *Ipomoea*, que compreende de a 600 – 700 espécies (HALL; PHATAK, 1993; MWANGA *et al.*, 2017). A cultura teve sua origem na América Latina há mais de 5.000 anos, sendo levada para a Europa pelos exploradores espanhóis e portugueses, espalhando-se posteriormente por todo o continente africano. Atualmente é cultivada em mais de 100 países, principalmente na América Latina, Ásia e África (ZHANG *et al.*, 1998).

Em alguns países da África, como a Nigéria, Etiópia, Tanzânia e Uganda, a batata-doce é um alimento de grande importância e bastante difundido (LOW *et al.*, 2017). Entretanto, a China se destaca como o maior produtor mundial de batata-doce, com produção estimada em 47,6 milhões de toneladas em 2021 (FAOSTAT, 2023).

A produtividade média mundial da batata-doce ainda é considerada baixa, que segundo a FAO foi 11,9 t ha⁻¹ em 2021 (FAOSTAT, 2023). Isso está associado principalmente às más condições de solo, como baixo teor de matéria orgânica e pouca oferta de nutrientes, comum em determinados solos tropicais (AGBEDE, 2010). Como resultado, a planta apresenta baixa produtividade de raízes nestas regiões. A adoção de cultivos sucessivos também resulta em baixas produtividades, pois gera desequilíbrios físicos, químicos e biológicos no solo (AGBEDE *et al.*, 2022).

Em geral a batata-doce se desenvolve em qualquer tipo de solo, porém tem preferência por solos arenosos e bem drenados, com pH entre 4,5 e 5,5. Pois estes valores apresentam menor ocorrência de pragas (SILVA; LOPES; MAGALHÃES, 2008). Já solos argilosos com muito teor de matéria orgânica podem ocasionar deformação nas raízes (NASSER *et al.*, 2017).

A implantação da lavoura de batata-doce pode ser por meio de raízes selecionadas induzindo a sua brotação. Podendo ser também através de rama-semente, que são retiradas da segmentação de uma cultura em desenvolvimento ou a partir de um pré-enraizamento (SILVA; LOPES; MAGALHÃES, 2008). Todos os materiais de propagação possuem desempenhos satisfatórios, porém o fato da cultura ser propagada vegetativamente com o uso contínuo de ramas, pode aumentar a população de pragas e doenças, especialmente viroses, as quais são facilmente multiplicadas através dos ramos e estacas (CLARK *et al.*, 2012). Além disso, muitas

vezes o controle de pragas não é realizado adequadamente, até mesmo por falta de conhecimento e baixa disponibilidade de opções de manejo (GURR *et al.*, 2016).

Há dois tipos de raízes nas plantas de batata-doce, sendo as raízes tuberosas ou raízes de reservas que são de principal interesse comercial e as raízes absorventes que são responsáveis pela absorção de água e nutrientes no solo (SILVA; LOPES; MAGALHÃES, 2008). Com isto, o desenvolvimento das raízes ocorre em três etapas: a primeira etapa consiste no crescimento das raízes adventícias, ocorrendo no início da tuberização das raízes e por fim é caracterizada pelo o acúmulo de fotoassimilados nas raízes tuberosas (QUEIROGA *et al.*, 2007). Assim, a alta produtividade da cultura é direcionada ao início da tuberização das raízes, caracterizando o acúmulo de amido e ao longo desenvolvimento o acúmulo de reserva nas raízes (SOMASUNDARAM; MITHRA, 2008).

As flores da batata-doce são hermafroditas, porém devido a sua autoincompatibilidade presente na espécie conduz a fecundação cruzada. Com isto, possuem incapacidade de gerar semente quando fertilizada pelo próprio pólen (SCHIFINO-WITTMANN; DALL'AGNO, 2002). Desse modo sua flor é considerada infértil. O hábito de crescimento da cultura é ramificado, com folhas codiformes (lobadas ou não) e flores de cores brancas ou lavanda (BEHERA *et al.*, 2022). As raízes apresentam tamanhos e formatos variados, variando de fusiformes a oblongas ou ovais pontiagudos (BEHERA *et al.*, 2022). Estas raízes apresentam uma ampla variabilidade morfológica, com diferentes tipos de cores e composição química, resultante das seleções naturais e artificiais ocorridas ao longo da sua domesticação e cultivo (JIANG *et al.*, 2022).

No Brasil, a produtividade média de raízes é de 14,6 t ha⁻¹, considerada um valor abaixo do potencial produtivo da planta, que pode atingir valores acima de 40,0 t/ha⁻¹ (IBGE, 2023). Porém, mesmo a produtividade média sendo considerada baixa, pode melhorar no desenvolvimento de novas cultivares mais adaptas e produtivas. Já foram registradas 44 cultivares de batata-doce no Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento – MAPA, 2023 (MAPA, 2023). Ressalta-se que o uso contínuo de variedades não melhoradas pode proporcionar a baixa produtividade. Mesmo diante do cenário produtivo a batata-doce é uma hortaliça rústica, que se adapta às diferentes condições climáticas do planeta. Todavia, a cultura apresenta melhor desenvolvimento em regiões de clima tropical e subtropical, comumente cultivada em regiões temperadas, com temperaturas superiores a 20 °C (NGEVE *et al.*, 1992).

A batata-doce pode ser cultivada em regiões com latitudes de 42°N até 35°S, desde o nível do mar até altas altitudes 3.000m (SILVA; LOPES; MAGALHÃES, 2008). A cultura

apresenta desenvolvimento favorável quando cultivada em épocas com temperaturas médias acima de 24 °C, porém, temperaturas acima de 40 °C podem manter seu crescimento vegetativo, no entanto não ocorre o desenvolvimento de raízes tuberosas (AMTHOR, 2003; RAVI *et al.*, 2009), em temperaturas abaixo de 10°C podem retardar seu desenvolvimento (SILVA; LOPES; MAGALHÃES, 2008). A pluviosidade média exigida pela cultura é de 750 a 1000 mm anual, em que 500 mm são essenciais durante a fase inicial de crescimento (SILVA; LOPES; MAGALHÃES, 2008).

2.2 Batata-doce seus potenciais usos

A batata-doce destaca-se como a sexta cultura alimentar mais importante do mundo, atrás apenas do arroz, trigo, batata, milho e mandioca (ESATBEYOGLU *et al.*, 2017). A cultura é cultivada especialmente por pequenos agricultores, que geralmente possuem recursos financeiros limitados (FETUGA *et al.*, 2013). Desta forma, o alimento é de grande relevância para a segurança alimentar mundial.

Considerada uma planta multifuncional, podem ser consumidas suas raízes, caules e folhas, devido à alta concentração de nutrientes essenciais para a alimentação humana (FERNANDES *et al.*, 2022). As folhas da batata-doce normalmente são descartadas, gerando acúmulo de resíduos. Estes resíduos muitas vezes podem ser utilizados na forma de saladas, pois são ricos em nutrientes como açúcares e vitaminas (SILVA *et al.*, 2022; JOHNSON; PACE, 2010) ou mesmo para alimentação de animais na forma *in natura* (FIGUEIREDO *et al.*, 2012), silagem (AZEVEDO *et al.*, 2015) ou feno (DONATO *et al.*, 2020). Além disso, as folhas contêm diversos compostos bioativos, como caféico, cianidina e quercetina, os quais são benéficos à saúde humana (KURATA *et al.*, 2007; LEE; LEE, 2016). Estes compostos possuem ação anti-inflamatória, antidiabética e antiangiogênicas (CHEN *et al.*, 2011; LEE; LEE, 2016). Já as raízes são as principais estruturas consumidas, sendo ricas em amido. Este nutriente é o principal componente das raízes, representa aproximadamente 80% de sua matéria seca, que também é composta por açúcares, proteínas, vitaminas, flavonóides e lipídios (WANG *et al.*, 2016). As raízes são ricas em amido, vitamina e betacaroteno (WANG *et al.*, 2016). As raízes de polpa alaranjada possuem alto teor de vitamina A, o que ajuda na prevenção de diabetes e anemia (KOUROUMA *et al.*, 2019). As raízes de polpa roxa são ricas em antocianinas, compostos antioxidantes que atuam benéficamente à saúde (TANG *et al.*, 2018). Todavia, a

cultura pode ser utilizada para outras finalidades, como alimentação animal e produção de etanol (VALADARES *et al.*, 2019; DONATO *et al.*, 2020; ANDRADE JÚNIOR *et al.*, 2020).

Com isso, as raízes tuberosas podem ser utilizadas na forma cozida, pães, batatas-fritas, salgadinhos, alguns produtos farmacêuticos, xaropes e bebidas (WANG *et al.*, 2016). Normalmente o consumo de alimentos derivados da farinha de trigo ocasionam algumas limitações de consumo, principalmente em casos de intolerância ao glúten. Nestes casos é possível a substituição da farinha de trigo por farinha de batata-doce na preparação de pães, biscoitos, dentre outros (MENG *et al.*, 2022), pois, além de ter alto teor nutritivo, possuem baixo custo e fácil disponibilidade.

O conteúdo nutricional das raízes pode variar em função da coloração da polpa. A batata-doce de polpa alaranjada possui grande importância alimentar, pois é rica em fibras, minerais e vitamina A (OLONIYO *et al.*, 2021). Considerada uma cultura de grande importância na África do Sul, devido a biofortificação da variedade e, com isso, resultando no aumento do teor nutritivo (LAURIE *et al.*, 2018). Pois, a absorção deste carotenóide no organismo humano pode ser de 85% e convertido em vitamina A, que é fundamental para crianças e grávidas (ALAM *et al.*, 2020). O seu consumo pode auxiliar na redução de doenças crônicas como cardiovasculares e alguns tipos de câncer (PAN *et al.*, 2019).

Como exemplo pode-se citar a cultivar *Beauregard*, de origem norte-americana, que foi desenvolvida pela *Louisiana Agricultural Experiment* em 1981. Esta cultivar foi introduzida no Brasil por meio do Centro Internacional de La Papa (CIP) do Peru, junto com outros 45 acessos para atividades do programa latino-americano AgroSalud. Esta cultivar foi selecionada pelo programa BioFort, com o intuito de desenvolver produtos mais nutritivos. A cultivar diferenciava-se das demais devido ao seu alto teor de betacaroteno, podendo chegar a 115 mg kg⁻¹ por raiz (EMBRAPA, 2014).

Outra cultivar de polpa alaranjada é a BRS Nuti, que possui casca rosa e polpa alaranjada (EMBRAPA, 2021). Seu teor de betacaroteno esta em torno de 150 mg/kg e normalmente é utilizada no processamento industrial como, *Chips*, farinha e corante.

A batata-doce de polpa roxa também possui elevados teores de nutrientes, como polissacarídeos (TANG *et al.*, 2018), polifenóis (TORRES *et al.*, 2021), antocianinas (ZHANG *et al.*, 2023), fibras dietéticas e vitaminas (WANG *et al.*, 2016). Suas raízes destacam-se devido aos altos teores de antocianinas (9,5–40 mg/100 g de peso fresco) (QIU *et al.*, 2018). As antocianinas estão presentes em algumas espécies vegetais, como repolho roxo, berinjela, rabanete vermelho e mirtilo (SHARMA *et al.*, 2021). A batata-doce roxa contém preço mais

acessível e produz em maior quantidade se comparada com as frutas vermelhas. As antocianinas apresentam ação antioxidante, antimicrobianas, anti-inflamatórias (TANG *et al.*, 2018; ZHANG *et al.*, 2023). Por estes motivos, a batata-doce de polpa roxa pode ser utilizada na suplementação alimentar devido seus fatores funcionais, como a fabricação de pães, biscoitos, bebidas e muitas outras variedades (GUO *et al.*, 2022).

A cultivar BRS Cotinga foi desenvolvida pela Embrapa Hortaliças e apresenta polpa roxa. A cultivar apresenta ampla adaptabilidade a diferentes ambientes de cultivos e apresenta (154 mg/100 g) de antocianinas, sendo utilizada nas indústrias na produção de chips, xarope e farinha (EMBRAPA, 2021). Outro exemplo de cultivar de polpa roxa é a BRS ANEMBÉ, também obtida pela Embrapa Hortaliças em 2019. Suas raízes apresentam altos teores de antocianinas (184,8 mg/g) e também é recomendada para uso industrial e produção de purês, doces e pães (EMBRAPA, 2021).

A cultivar R1440 é registrado no Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento (MAPA), registro 52779, ano 2022. A cultivar foi desenvolvida pela Universidade Federal de Lavras (UFLA), originada de uma progênie de meio-irmãos, a partir de um policross otimizado com aproximadamente 30 genótipos de coloração roxa. É indicada para o consumo humano e agroindustrial, como produção de farinha, xarope e chips. Possuem alto teor de matéria seca (36%) e apresentam produtividade de raízes acima de 39 toneladas por hectares para cultivos no verão (BRITO *et al.*, 2023).

Já a cultivar UFLA B556 recentemente registrada no no Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento (MAPA), registro 54454, ano 2023. Também foi desenvolvida pela Universidade Federal de Lavras (UFLA), altamente produtiva, com raízes de coloração creme, possui adaptabilidade a diferentes ambientes (MAPA, 2023).

Apesar de já existirem várias cultivares disponíveis hoje no Brasil, faz-se necessário estudos mais aprofundados no diz respeito à produção dessas em diferentes locais e épocas de plantio (SILVA *et al.*, 2015). Sendo que a cultura comumente responde de forma intensa aos climas das regiões produtivas, sendo possível a existência de interações entre os diferentes genótipos disponíveis e os ambientes de produção utilizados no país.

2.3 Melhoramento genético da batata-doce, adaptabilidade e estabilidade em diferentes ambientes

Dentre as espécies do ‘grupo batatas’, a batata-doce é a única que apresenta indivíduos hexaplóide ($2n = 6x = 90$), sendo que as demais espécies são diplóides ou tetraplóides (KING; BAMFORD, 1937). Embora ainda não esclarecido sobre a origem da batata-doce hexaplóide, a espécie selvagem *I. trifida* (Kunth.) G. Don ($2n = 2x = 30$) diploide, é considerada como o parente mais próximo (MUÑOZ-RODRÍGUEZ *et al.*, 2018). Além disso, apresenta polinização cruzada e alto grau de heterozigose, apresentando ampla variabilidade genética (OZIAS-AKINS; JARRET, 1994). A ampla variabilidade presente no germoplasma é essencial quando utilizada a favor do melhoramento genético. Com isso, serão potencializados os progenitores inserindo características desejáveis e que ganhem mercado pelas indústrias e população (VISALAKSHI *et al.*, 2021).

A batata-doce propaga-se assexuadamente por meio de estacas ou raízes (AKOMEAH *et al.*, 2019). Devido a olerícola ser altamente heterozigótica, suas sementes são apenas utilizadas apenas para o desenvolvimento de novas cultivares (GABA; SINGER, 2009), pois, as populações desenvolvidas por sementes apresentam características diferentes entre si, não sendo mantida a identidade do genótipo.

A seleção de genótipos superiores é o primeiro passo para o estabelecimento de um programa de melhoramento de batata-doce, pois aumenta a produtividade e a qualidade das raízes (VALADARES *et al.*, 2019). Devido à ampla variabilidade dos genótipos superiores, é fundamental na seleção dos genótipos, extrair informações do germoplasma, a fim de potencializar a característica agrônômica a ser melhorada (OLIVEIRA *et al.*, 2000). Dessa forma, é necessário conhecer a herdabilidade da característica, pois a herdabilidade no sentido amplo da batata-doce é importante devido a possibilidade de existirem diferentes interações gênicas em forma de controle das características de interesse agrônômico, as quais podem ser mantidas pela propagação vegetativa (GONÇALVES NETO *et al.*, 2012).

As características agrônômicas são de grande importância para o melhoramento, pois orienta melhores desempenhos de caracteres para que sejam utilizados no cultivo comercial (CAMARGO, 2013). Diante disso, deve-se selecionar características que sejam de interesse do agricultor e o consumidor, com por exemplo, alta produtividade de raiz, formato geral, agrupamento de raízes, resistência a insetos e adaptabilidades em diferentes ambientes (SILVA *et al.*, 2022; BEVILAQUA *et al.*, 2019; CAMARGO, 2013).

Devido ao alto interesse pela cultura, se tem desenvolvido variedades de batata-doce, gerando renda aos envolvidos (BEHERA *et al.*, 2022). O programa de melhoramento convencional da batata-doce apresenta diversos desafios, ainda precisa acelerar, pois a população mundial cresce aceleradamente e se tem buscado selecionar genótipos altamente produtivos para as mudanças ambientais (XIÃO *et al.*, 2022).

Com isso, ainda são escassas as pesquisas no setor público e privado em relação ao melhoramento genético da batata-doce. Muitos genótipos estão no comércio de origem desconhecida e até mesmo não estão registradas no Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento – MAPA. Este é um dos motivos pelo baixo potencial da cultura (ANDRADE JUNIOR *et al.*, 2012), no entanto, 44 cultivares de batata-doce estão atualmente registrados no Ministério da Agricultura Pecuária e Abastecimento (MAPA, 2023)

Portanto, alguns estudos têm buscado melhorias da cultura através do melhoramento genético, visando por exemplo, resistências a pragas e doenças (LEAL *et al.*, 2021), seleção de clones para as diferentes aptidões de uso, como alimentação animal, alimentação humana e para a produção de etanol (SILVA *et al.*, 2022; GONÇALVES NETO, 2011), e aumento na produtividade de ramas para alimentação animal (ANDRADE JÚNIOR *et al.*, 2012; DONATO *et al.*, 2020).

Diante da busca por cultivares com maior potencial de rendimento, qualidade de raiz, resistência a pragas e doenças, e adaptações a diferentes ambientes, os programas de melhoramento buscam explorar a cultura. A Universidade Federal de Lavras está ativamente envolvida no processo de melhoramento da cultura, buscando por genótipos superiores aos existentes ao mercado. Já o *International Potato Center* (CIP), é uma das maiores instituições mundiais do programa de melhoramento da batata-doce. Têm sido realizados diversos projetos, principalmente na África, Ásia e América Latina, onde boa parte do projeto visa o desenvolvimento de cultivares biofortificadas (OTOBONI *et al.*, 2020).

2.4 Interação genótipo x ambiente (G x E)

A batata-doce é uma olerícola que se adapta a diferentes ambientes, podendo ser cultivada na região tropical e subtropical (GEMECHU *et al.*, 2022). Mesmo diante da adaptabilidade a diversos ambientes, as características quantitativas e qualitativas podem sofrer alterações em relações aos ambientes (GEMECHU *et al.*, 2022). Diante da ampla variabilidade agroecológica, é fundamental na seleção dos genótipos, identificar ambientes adequados para

melhor produção (SABRI *et al.*, 2020). Vários estudos relatam que variedades de batata-doce são influenciadas pelo ambiente, tanto nas características quantitativas como nas qualitativas (NIGUSSIE *et al.*, 2022; GEMECHU *et al.*, 2022).

Ebem *et al.* (2021) afirmaram que para direcionar um programa de melhoramento é necessário selecionar genótipos de alto rendimento através dos resultados da interação genótipo x ambiente. Isto permite identificar ambientes proporcionais para melhor rendimento da cultivar. Portanto, a interação genótipo x ambiente é fundamental na seleção de genótipos superiores, a fim de identificar e assegurar maior adaptabilidade e alto rendimento às novas cultivares. Nigussie *et al.* (2022) relataram em sua pesquisa, que os ambientes afetaram no desempenho das oito variedades de polpa alaranjada ao qual foram avaliadas. Ainda segundo estes autores, os genótipos apresentaram grandes variações ao decorrer das estações do ano. Diante disso, é importante considerar a interação G x E durante a seleção dos genótipos superiores, o promove maior melhores adaptabilidade agroecológica. Além disso, a análise da interação genótipo x ambiente (G x E), permite a seleção de novas variedades resistentes às principais pragas e doenças (NGAILO *et al.*, 2019). Portanto, a avaliação da interação GxE é fundamental quando a intenção é seleção de novos genótipos de batata-doce com características de interesse, tais como os biofortificados, como de polpas roxas e alaranjada, pois são estratégicas para o combate à desnutrição.

Vários modelos estatísticos têm sido usados para determinar a estabilidade e adaptabilidade da interação G x E no programa de melhoramento. Dentre as análises estáticas estão os efeitos principais de aditivos e a interação multiplicativas (AMMI), utilizados para avaliar a interação G x E e a estabilidade de genótipos de batata-doce em quatro locais da Turquia (CALISKAN *et al.*, 2010). Também são relatados na literatura científica, o uso de modelos estatísticos para avaliar a interação G x E e medidas de estabilidade em variedades de batata-doce de polpa alaranjada (NIGUSSIE *et al.*, 2022).

O modelo estatístico genótipo mais genótipo por interação de ambiente (GGE biplot) é utilizado para avaliar a interação G x E e o rendimento das raízes de quatro genótipos de batata-doce em nove cidade da Bangladesh (MAHMUD *et al.*, 2021). Já o modelo misto via REML/BLUB, mesmo já sendo utilizado em outras culturas, atualmente está sendo utilizado por alguns autores na cultura da batata-doce. Entretanto, possuindo poucos trabalhos, sendo o estudo de Borges *et al.* (2010) que classificou e selecionou clones de batata-doce, o de Silva *et al.* (2022), que selecionou clones de batata-doce para diferentes aptidões agrônômicas, Otoboni

et al. (2020) que selecionou genótipos com alto teor de beta-caroteno e o de Costa *et al.* (2022) que selecionou genótipos de batata-doce para a alimentação humana.

Para características nutricionais existem poucas pesquisas relacionadas aos fatores ocasionados pela interação G x E. De acordo com Manrique e Hermann (1999-2000) o teor de betacaroteno da batata-doce aumenta conforme elevações nas temperaturas do local. Além disso, outros fatores também influenciam sobre estes aspectos qualitativos, como temperatura do ar e do solo, tipo de cultivar, radiação, como também práticas agronômicas (LIU *et al.*, 2009). Já a matéria seca de raízes pode ser incrementada em temperaturas entre 20 °C e 30 °C, promovendo altas produtividades de matéria seca (HAGENIMANA *et al.*, 1999). Todavia, pouco se sabe da relação das mudanças climáticas sobre a qualidade nutricional (LAMARO *et al.*, 2023).

Portanto, a interação GxE é fundamental para estabelecer se há variação entre os ambientes avaliados e a variabilidade genética, resultando em uma recomendação acurada de cultivares com ampla adaptabilidade e boa estabilidade (GEMECHU *et al.*, 2022).

REFERÊNCIAS

- ABIDIN, P. E.; AKANSAKE, D. A.; ASARE, K. B.; ACHEREMU, K.; CAREY, E. E. Effect of sources of sweet potato planting material for quality vine and root yield. **Open Agriculture**, [S.l.], v. 2, p. 244–249, 2017.
- AGBEDE, T. M.; OYEWUMI, A. Benefits of biochar, poultry manure and biochar–poultry manure for improvement of soil properties and sweet potato productivity in degraded tropical agricultural soils. **Resources, Environment and Sustainability**, [S.l.], v. 7, 100051, 2022.
- AGBEDE, T. M. Tillage and fertilizer effects on some soil properties, leaf nutrient concentrations, growth and sweet potato yield on an Alfisol in southwestern Nigeria. **Soil and Tillage Research**, [S.l.], v. 110, p. 25-32, 2010.
- AINA, A. J.; FALADE, K. O.; AKINGBALA, J. O.; and TITUS, P. Physicochemical properties of Caribbean sweetpotato (*Ipomoea batatas* (L) Lam) starches. **Food and Bioprocess Technology**, [S.l.], v. 5, p. 576–583, 2012.
- AKOMEAH, B.; QUAIN, M. D.; RAMESH, S. A.; ANAND, L.; LÓPEZ, C. M. R. Common garden experiment reveals altered nutritional values and DNA methylation profiles in micropropagated three elite Ghanaian sweet potato genotypes. **PLOS ONE**, [S.l.], v. 14, p. e0208214, 2019.
- ALAM, M. K.; SAMS, S.; RANA, Z. H.; AKHTARUZZAMAN, M.; ISLAM, S. N. Minerals, vitamin C, and effect of thermal processing on carotenoids composition in nine varieties orange-fleshed sweet potato (*Ipomoea batatas* L.). **Journal of Food Composition and Analysis**, [S.l.], v. 92, 103582, 2020.
- ANDRADE JÚNIOR, V.C.; DONATO, L. M. S.; AZEVEDO, A.M.; GUIMARAES, A. G.; BRITO, O. G.; OLIVEIRA, D. M.; SILVA, A. J. M.; SILVA, L. R. Association between agronomic characters and hay quality of sweet potato branches. **Horticultura Brasileira**, [S.l.], v. 38, p. 27-32, 2020.
- ANDRADE JÚNIOR, V. C.; VIANA, D. J. S.; PINTO, N. A. V. D.; RIBEIRO, K. G.; PEREIRA, R. C.; NEIVA, I. P.; AZEVEDO, A. M.; ANDRADE, P. C. R. Características produtivas e qualitativas de ramas e raízes de batata-doce. **Horticultura Brasileira**, [S.l.], v. 30, n. 4, p. 584-589, 2012.
- AZEVEDO, A. M.; ANDRADE JÚNIOR, V. C.; FIGUEIREDO, J. A.; PEDROSA, C. E.; VIANA, D. J. S.; LEMOS, V. T.; NEIVA, I. P. Divergência genética e importância de caracteres em genótipos de batata-doce visando a produção de silagem. **Revista Brasileira de Ciências Agrárias**, [S.l.], v. 10, p. 479-484, 2015.
- BEHERA, S.; CHAUHAN, V. B. S.; PATI, K.; BANSODE, V.; NEDUNCHEZHIAN, M.; VERMA, A. K.; MONALISA, K.; NAIK, P. K.; NAIK, S. K. Biology and biotechnological aspect of sweet potato (*Ipomoea batatas* L.): a commercially important tuber Crop. **Planta**, [S.l.], v. 256, n. 40, 2022.

BEVILAQUA, L. K. S.; MOTA, J. H.; RESENDE, G. M. de; YURI, J. E. Características morfológicas e produtivas de clones de batata doce. **Cad. Ciência Agrárias**, Montes Claros, v. 11, p. 01-07, 2019.

CAMARGO, L. K. P. **Caracterização de acessos de batata-doce do banco de germoplasma da Unicentro, PR**. 2013. 141 p. Tese (Doutorado em Ciências) – Universidade Federal do Paraná, Curitiba, PR, 2013.

CLARK, C. A.; DAVIS, J. A.; ABAD, J. A.; CUELLAR, W. J.; KREUZE, J. F.; GIBSON, R. W.; MUKASA, S. B.; TUGUME, A. K.; TAIRO, F. D.; VALKONEN, J. P.T. Sweetpotato Viruses: 15 Years of Progress on Understanding and Managing Complex Diseases. **The American Phytopathological Society**, [S.l.], v. 96, p. 168-185, 2012.

CHEN, C. –M.; LI, S. –C.; CHEN, C. –Y. O.; AU, H. –K.; SHIH, C. –K.; HSU, C. –Y.; LIU, J. –F. Constituents in purple sweet potato leaves inhibit in vitro angiogenesis with opposite effects ex vivo. **Nutrition**, [S.l.], v. 27, p. 1177-1182, 2011.

DONATO, L. M. S.; ANDRADE JUNIOR, V. C.; BRITO, O. G.; FIALHO, C. M. T.; SILVA, A. J. M.; AZEVEDO, A. M. Uso de ramas de batata-doce para produção de feno. **Ciência Animal Brasileira**, [S.l.], v. 21, e-53493, 2020.

EBEM, E. C.; AFUAPE, S. O.; CHUKWU, S.; UBI, B. E. Genotype × Environment Interaction and Stability Analysis for Root Yield in Sweet Potato [*Ipomoea batatas* (L.) Lam]. **Frontiers in Agronomy**, [S.l.], v. 3, p. 665564, 2021.

EMBRAPA. Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária. **Biofortificação: batata-doce Beauregard**. 2014. Disponível em: <https://www.embrapa.br/en/busca-de-publicacoes/-/publicacao/1016136/biofortificacao-batata-doce-beauregard>. Acesso em: 06 mar. 2023.

_____. **CIP BRS Nuti: batata-doce**. 2021. Disponível em: <https://ainfo.cnptia.embrapa.br/digital/bitstream/item/229792/1/folder-batata-doce-CIP-BRS-Nuti.pdf>. Acesso em: 06 mar. 2023.

_____. **Batata-doce de polpa roxa BRS Cotinga**. 2021. Disponível em: <https://www.embrapa.br/en/busca-de-solucoes-tecnologicas/-/produto-servico/8473/batata-doce-de-polpa-roxa-brs-cotinga>. Acesso em: 07 mar. 2023.

_____. **Batata-doce de polpa roxa BRS Anembé**. 2021. Disponível em: <https://www.embrapa.br/en/busca-de-solucoes-tecnologicas/-/produto-servico/8053/batata-doce-de-polpa-roxa-brs-anembe>. Acesso em: 07 mar. 2023.

ESATBEYOGLU, T.; RODRIGUEZ-WERNER, M.; SCHLÖSSER, A.; WINTERHALTER, P.; RIMBACH, G. Rimbach Fractionation, enzyme inhibitory and cellular antioxidant activity of bioactives from purple sweet potato (*Ipomoea batatas*). **Food Chemistry**, [S.l.], v. 221, p. 447-456, 2017.

FAOSTAT. Food and Agriculture Organization of the United Nations Statistics Division. **Sweet Potatoes**. 2021. Disponível em: <https://www.fao.org/faostat/en/#data/QCL>. Acesso em: 02 mar. 2023.

FENG, J.; ZHAO, S.; LI, M.; ZHANG, C.; QU, H.; LI, Q.; LI, J.; LIN, Y.; PU, Z. Genome-wide genetic diversity detection and population structure analysis in Sweet potato (*Ipomoea batatas*) using RAD-seq. **Genomics**, [S.l.], v. 112, p. 1978–1987, 2020.

FERNANDES, A. C. G.; AZEVEDO, A. M.; VALADARES, N. R.; RODRIGUES, C. H. O.; BRITO, O. G.; ANDRADE JÚNIOR, V. C.; ASPIAZÚ, I. Fuzzy logic applied to simultaneous selection of sweet potato genotypes. **Horticultura Brasileira**, [S.l.], v. 40, p. 63-70, 2022.

FETUGA, G. O.; TOMLINS, K.; BECHOFF, A.; HENSHAW, F. O.; IDOWU, M. O.; WESTBY, A. A survey of traditional processing of sweet potato flour for amala, consumption pattern of sweet potato amala and awareness of orange-fleshed sweet potato (OFSP) in South West Nigeria. **Food, Agriculture and Environment**, [S.l.], v. 11, p. 67-71, 2013.

FIGUEIREDO, J. A.; ANDRADE JÚNIOR, V. C.; PEREIRA, R. C.; RIBEIRO, K. G.; VIANA, D. J. S.; NEIVA, I. P. Avaliação de silagens de ramas de batata-doce. **Horticultura Brasileira**, [S.l.], v. 30, n. 4, p. 708-712, 2012.

GABA, V.; SINGER, S. Propagation of Sweetpotatoes. In Situ Germplasm Conservation and Conservation by Tissue Culture. In: LOEBENSTEIN, G.; THOTTAPPILLY, G. (Eds.). **The Sweetpotato**. Dordrecht: Springer, 2009.

GEMECHU, G. E.; MULUALEM, T.; SEMMAN, N. Genotype by environment Interaction effect on some selected traits of Orange-fleshed Sweet Potato (*Ipomea batatas* [L]. Lam). **Heliyon**, [S.l.], v. 8, p. e12395, 2022.

GONÇALVES NETO, A. C.; MALUF, W. R.; GOMES, L. A. A.; MACIEL, G. M.; FERREIRA, R. P. D.; CARVALHO, R. C. Correlação entre caracteres e estimação de parâmetros populacionais para batata-doce. **Horticultura Brasileira**, Vitória da Conquista, v. 30, p. 713-719, 2012.

GONÇALVES NETO, A. C.; MALUF, W. R.; GOMES, L. A. A.; GONÇALVES, R. J. S.; SILVA, V. F.; LASMAR A. Aptidões de genótipos de batata-doce para consumo humano, produção de etanol e alimentação animal. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v. 46, p. 1513-1520, 2011.

GONG, S.; YANG, C.; ZHANG, J.; YU, Y.; GU, X.; LI, W.; WANG, Z. Study on the interaction mechanism of purple potato anthocyanins with casein and whey protein. **Food Hydrocolloids**, [S.l.], v. 111, p. 106-223, 2021.

GRUNEBERG, W. J. *et al.* Advances in sweetpotato breeding from 1992 to 2012. In: LOW, J.; NYONGESA, M.; QUINN, S.; PARKER, M. (Eds.). **Potato and sweetpotato in Africa. Transforming the value chains for food and nutrition security**. Oxfordshire (UK). CABI International, 2015. p. 3-6.

GUO, Z.; HUANG, Y.; HUANG, J.; LI, S.; ZHU, Z.; DENG, Q.; CHENG, S. Formation of protein-anthocyanin complex induced by grape skin extracts interacting with wheat gliadins: Multi-spectroscopy and molecular docking analysis. **Food Chemistry**, [S.l.], v. 385, P. 132702, 2022.

GURMU, H.; HUSSEIN, S.; LAING, M. Evaluation of candidate orange-fleshed sweetpotato clones for nutritional traits. **Acta Agriculturae Scandinavica, Section B — Soil & Plant Science**, [S.l.], v. 67, p. 651- 659, 2017.

GURR, G. M.; LIU, J.; JOHNSON, A. C.; WORUBA, D. N.; KIRCHHOF, G.; FUJINUMA, R.; SIRABIS, W.; JEFFERY, Y.; AKKINAPALLY, R. Pests, diseases and crop protection practices in the smallholder sweetpotato production system of the highlands of Papua New Guinea. **PeerJ**, [S.l.], v. 7, n. 4, p. e2703, Dec. 2016.

HAGENIMANA, V.; K'OSAMBO, L.; CAREY, E. Sweetpotato potential in reducing vitamin A deficiency in Africa. **Impact on a Changing World**, [S.l.], [S.v.], [S.n.], p. 287-294, 1999.

HALL, M.R.; PHATAK, S.C. Sweet potato *Ipomoea batatas* (L.) Lam. *In*: KALLOO, G.; BERGH, B.O. **Genetic improvement of vegetable crops**. New York: Pergamon Press, 1993. p. 693-708.

IBGE. Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. **Sidra**. Dados de 2021. Disponível em: <https://sidra.ibge.gov.br/Tabela/1612#resultado>. Acesso em: 05 mar. 2023.

JIANG, T.; YE, S.; LIAO, W.; WU, M.; HE, J.; MATEUS, N.; OLIVEIRA, H. The botanical profile, phytochemistry, biological activities and protected-delivery systems for purple sweet potato (*Ipomoea batatas* (L.) Lam.). **Food Research International**, [S.l.], v. 161, n. 111, p. 811, 2022.

JOHNSON, M.; PACE, R. D. Sweet potato leaves: properties and synergistic interactions that promote health and prevent disease. **Nutrition Reviews**, [S.l.], v. 68, p. 604-615, 2010.

KANG, L.; PARK, S.; JI, C.Y.; KIM, H. S.; LEE, H.; KWAK, S. Metabolic engineering of carotenoids in transgenic sweet potato. **Breeding Science**, [S.l.], v. 67, p. 27–34, 2017.

KARUNIAWAN, A.; MAULANA, H.; ANINDITA, P. A.; YOEL, A.; USTARI, D.; SUGANDA, T.; CONCIBIDO, V. Storage root yield and sweetness level selection for new honey sweet potato (*Ipomoea batatas* [L.] Lam). **Open Agriculture**, [S.l.], v. 6, 2021.

KING, J. R.; BAMFORD, R. The chromosome number in *Ipomea* and related genera. **Journal of Heredity**, Oxford, Inglaterra, v. 28, n. 8, p. 279-282, 1937.

KOUROUMA, V.; UM, T. H.; ZHANG, M.; SUN, H.-N. Effects of cooking process on carotenoids and antioxidant activity of orange-fleshed sweet Potato. **LWT**, [S.l.], v. 104, p. 134-141, 2019.

KUMAR, S.; WANG, M.; LIU, Y.; FAHAD, S.; QAYYUM, A.; JADOON, S. A.; CHEN, Y.; ZHU, G. Nickel toxicity alters growth patterns and induces oxidative stress response in sweetpotato. **Frontiers in Plant Science**, [S.l.], v. 13, 1054924, 2022.

KURATA, R. *et al.* Growth suppression of human cancer cells by polyphenolics from sweetpotato (*Ipomoea batatas* L.) leaves. **Journal of Agricultural and Food Chemistry**, [S.l.], v. 55, n. 1, p. 185-190, 2007.

LAMARO, G. P.; TSEHAYE, Y.; GIRMA, A.; VANNINI, A.; FEDELI, R.; LOPPI, S. Evaluation of Yield and Nutraceutical Traits of Orange-Fleshed Sweet Potato Storage Roots in Two Agro-Climatic Zones of Northern Ethiopia. **Plants**, [S.l.], v. 12, 1319, 2023.

LAURIE, S. M.; FEBER, M.; CLAASEN, N. Incorporating orange-fleshed sweet potato into the food system as a strategy for improved nutrition: The context of South Africa. **Food Research International**, [S.l.], v. 104, p. 77-85, 2018.

LEAL, M. H. S.; ZEIST, A. R.; RODRIGUES JÚNIOR, N.; SILVA JÚNIOR, A. D.; ARANTES, J. H. V.; GARCIA NETO, J.; PIERI, J. R. S.; PERRUD, A. C. Selection of new sweet potato genotypes based on production parameters, physical root characteristics and resistance to *Euscepes postfasciatus*. **Journal of Crop Science And Biotechnology**, [S.l.], v. 24, p. 349-360, 2021.

LEE, B-H.; LEE, Y-T. Physicochemical and structural properties of different colored sweet potato starches. **Starch**, [S.l.], v. 69, 2016.

LIU, C. S. The benefits of consuming sweet potato leaves: Helps reduce risk of chronic diseases and promotes health. **Journal of Regenerative Medicine**, [S.l.], v. 7, n. 38, 2018.

LIU, S-C.; LIN, J-T.; YANG, D-J. Determination of cis- and trans- α - and β -carotenoids in Taiwanese sweet potatoes (*Ipomoea batatas* (L.) Lam.) harvested at various times. **Food Chemistry**, [S.l.], v. 116, p. 605-610, 2009.

LOW, J. W.; MWANGA, R. O. M.; ANDRADE, M.; CAREY, E.; BALL, A-M. Tackling vitamin A deficiency with biofortified sweetpotato in sub-Saharan Africa. **Global Food Security**, [S.l.], v. 14, p. 23-30, 2017.

MAHMUD, A.-A.; ALAM, M.J.; HECK, S.; GRÜNEBERG, W.J.; CHANDA, D.; RAHAMAN, E.H.M.S.; MOLLA, M.S.H.; ANWAR, M.M.; TALUKDER, M.A.-A.H.; ALI, M.A.; AMIN, M.N.; ALHOMRANI, M.; GABER, A.; HOSSAIN, A. Assessing the Productivity, Quality and Profitability of Orange Fleshed Sweet Potatoes Grown in Riverbank of the Tista Floodplain Agro-Ecological Zone of Bangladesh. **Agronomy**, [S.l.], v. 11, p.20-46, 2021.

MANRIQUE, K.; HERMANN, M. Effect of GxE Interaction on Root Yield and Betacarotene Content of Selected Sweetpotato (*Ipomoea batatas* (L) Lam.) Varieties and Breeding Clones. **CIP Program Report**, p. 281-287, 1999-2000.

MAPA. Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. **RNC**. Disponível em: https://sistemas.agricultura.gov.br/snpc/cultivarweb/cultivares_registradas.php. Acesso em: 14 mar. 2023.

MENG, H.; XU, C.; WU, M.; FENG, Y. Effects of potato and sweet potato flour addition on properties of wheat flour and dough, and bread quality. **Food College, Shenyang Agricultural**, [S.l.], v. 10, p. 689- 697, 2022.

MENG, Y.; SU, W.; MA, Y.; LIU, L.; GU, X. Assessment of genetic diversity and variety identification based on developed retrotransposon-based insertion polymorphism (RBIP) markers in sweet potato (*Ipomoea batatas* (L.) Lam.). **Scientific Reports**, v. 11, 17116, 2021.

MOHANRAJ, R.; SIVASANKAR, S. Sweet potato (*Ipomoea batatas* [L.] Lam) - a valuable medicinal food: a review. **Journal of Medicinal Food**, [S.l.], v. 17, n. 7, 2014.

MUÑOZ-RODRÍGUEZ, P.; CARRUTHERS, T.; WOOD, J. R. I.; WILLIAMS, B. R. M.; WEITEMIER, K.; KRONMILLER, B.; ELLIS, D.; ANGLIN, N. L.; LONGWAY, L.; HARRIS, S. A.; RAUSHER, M. D.; KELLY, S.; LISTON, A.; SCOTLAND, R. W. Reconciling Conflicting Phylogenies in the Origin of Sweet Potato and Dispersal to Polynesia. **Current Biology**, [S.l.], v. 28, p. 1246-1256, 2018.

MWANGA, R. O. M.; ANDRADE, M. I.; CAREY, E. E.; LOW, J. W.; YENCHO, G. C.; GRÜNEBERG, W. J. Sweetpotato (*Ipomoea batatas* L.). **Genetic improvement of tropical crops**. [S.l.]: Springer, 2017. p. 181-217.

NAKITTO, M.; JOHANNINGSMEIER, S. D.; MOYO, M.; BUGAUD, C.; KOCK, H.; DAHDUOH, L.; FORESTIER-CHIRON, N.; RICCI, J.; KHAKASA, E.; SSALI, R.T.; MESTRES, C.; MUZHINGI, T. Sensory guided selection criteria for breeding consumer-preferred sweetpotatoes in Uganda. **Food Quality and Preference**, [S.l.], v. 101, n. 104, p. 628, 2022.

NASSER, M. D.; OLIVEIRA, F. S.; SILVA, P. N. L. Manejo da nutrição e adubação da batata-doce. **Revista mirante**, [S.l.], v. 10, n. 1, 2017.

NEELA, S.; FANTA, S. W. Review on nutritional composition of orange-fleshed sweet potato and its role in management of vitamin A deficiency. **Food Sciences and Nutrition**, Ethiopia, v. 7, p. 1920-1945, 2019.

NGAILO, S.; SHIMELIS, H.; SIBIYA, J.; AMELEWORK, B.; MTUNDA, K. Genetic diversity assessment of Tanzanian sweetpotato genotypes using simple sequence repeat markers. **South African Journal of Botany**, [S.l.], v. 102, p. 40–45, 2016.

NGAILO, S.; SHIMELIS, H.; SIBIYA, J.; MTUNDA, K.; MASHILO, J. Genotype-by environment interaction of newly-developed sweet potato genotypes for storage root yield, yield-related traits and resistance to sweet potato virus disease. **Heliyon**, [S.l.], v. 5, p. e01448, 2019.

NGEVE, J. M.; HAHN, S. K.; BOUWKAMP, J. C. Effects of altitude and environments on sweet potato yield in Cameroon. **Trop Agric.**, [S.l.], v. 69, p. 43-48, 1992.

NIGUSSIE, Z. T.; GEBEYEHU, S. A.; MULUGETA, S. M.; GUADIE, Y. F. Genotype by Environmental Interaction and Measurements of Stability on Eight Orange-Fleshed Sweet Potato (*Ipomoea batatas*) Varieties: East Gojjam Zone, North West Ethiopia. **Advances In Agriculture**, Ethiopia, v. 2022, p. 7, 2022.

OLIVEIRA, A. C. B.; SEDIYAMA, M. A. N.; SEDIYAMA, T.; CRUZ, C. D. Avaliação da divergência genética em batata-doce por procedimentos multivariados. **Acta Scientiarum. Agronomy**, Maringá, v. 22, p. 895-900, 2000.

OLIVEIRA, D. J. L. S. F.; OTOBONI, M. E. F.; PAVAN, B. E.; ANDRADE, M. I.; VARGAS, P. F. Genetic divergence of sweet potato genotypes based on morphoagronomic traits. **Horticultura Brasileira**, [S.l.], v. 39, p. 229-235, 2021.

OLONIYO, R. O.; OMOBA, O. S.; AWOLU, O. O. Biochemical and antioxidant properties of cream and orange-fleshed sweet Potato. **Heliyon**, [S.l.], v. 7, p. e06533, 2021.

OTOBONI, M. E. F.; OLIVEIRA, D. J. L. S. F.; VARGAS, P. F.; PAVAN, B. E.; ANDRADE, M. I. Genetic parameters and gain from selection in sweet potato genotypes with high beta-carotene content. **Crop Breeding and Applied Biotechnology**, Viçosa, v. 20, n. 3, e31632038, 2020.

OZIAS-AKINS, P.; JARRET, R. L. Nuclear DNA content and ploidy levels in the genus *Ipomoea*. **American Society for Horticultural Science**, [S.l.], v. 119, p. 110-115, 1994.

PAN, Z.; LIU, Q.; SUN, Y.; SUN, X.; LIN, H. Environmental implications of microplastic pollution in the Northwestern Pacific Ocean. **Marine Pollution Bulletin**, [S.l.], v. 146, p. 215-224, 2019.

QUEIROGA, R. C. F.; SANTOS, M. A.; MENEZES, M. A.; VIEIRA, C. P. G.; SILVA, M. C. Fisiologia e produção de cultivares de batata-doce em função da época de colheita. **Horticultura Brasileira**, [S.l.], v. 25, p. 371-374, 2007.

QIU, G.; WANG, D.; SONG, X.; DENG, Y.; ZHAO, Y. Degradation kinetics and antioxidant capacity of anthocyanins in air-impingement jet dried purple potato slices. **Food Research International**, [S.l.], v. 105, p. 121-128, 2018.

RAMALHO, M. A. P.; SANTOS, J. B.; PINTO, C. A. B. P.; SOUZA, E. A.; GONÇALVES, F. A.; SOUZA, J. C. Alelismo múltiplo. In: **Genética na agropecuária**. 5. ed. rev. Lavras: UFLA, 2012. Cap. 8. p. 185-206.

ROSETO, A.; RODRIGUEZ, E.; AGUILERA-ARANGO, G.; ROSETO, M. G.; GRANDA, L.; PASTRANA, I.; MARTÍNEZ, R.; PEREZ, J. L.; ESPITIA, L.; GOMEZ, E.; RODRIGUEZ, T.; and SIEBER, S. Assessment of the Current State of In Situ Conservation and Use of Sweet Potato (*Ipomoea batatas* L.) in Colombia. **Culture, Agriculture, Food and Environment**, [S.l.], v. 44, p. 76-89, 2022.

SABRI, R. S.; RAFII, M. Y.; ISMAIL, M. R.; YUSUFF, O.; CHUKWU, S. C.; HASAN, N. Assessment of agro-morphologic performance, genetic parameters and clustering pattern of newly developed blast resistant rice lines tested in four environments. **Agronomy**, [S.l.], v. 10, 1098, 2020.

SHARMA, M.; USMANI, Z.; GUPTA, V. K.; BHAT, R. Valorization of fruits and vegetable wastes and by-products to produce natural pigments. **Critical Reviews in Biotechnology**, [S.l.], v. 41, p. 535-563, 2021.

SHEKHAR, S.; MISHRA, D.; BURAGOHAJ, A. K.; CHAKRABORTY, S.; CHAKRABORTY, N. Comparative analysis of phytochemicals and nutrient availability in two contrasting cultivars of sweet potato (*Ipomoea batatas* L.). **Food Chemistry**, [S.l.], v. 173, p. 957-965, 2015.

SCHIFINO-WITTMANN, M. T.; DALL'AGNOL, M. AUTO-INCOMPATIBILIDADE EM PLANTAS- Revisão bibliográfica. **Ciência Rural**, [S.l.], v.32, n. 6, p. 1083-1090, 2002.

SILVA, J. C. O.; ANDRADE JÚNIOR, V. C.; BUENO FILHO, J. S. S.; BRITO, O. G.; LOPES, T. C.; PEREIRA, A. G.; ZAQUEU, A.S.; TAULA, A. J.V.; FIRME, T.D. Mixed model-based indices for selection of sweet potato genotypes for different agronomic aptitudes. **Euphytica**, [S.l.], v. 218, n. 86, 2022.

SILVA, J. B. C.; LOPES, C. A.; MAGALHÃES, J. S. **Cultivo da batata-doce**. Brasília: EMBRAPA-CNPQ, Sistemas de Produção 6, ISSN 1678-880X - Versão Eletrônica, 1995.

SOMASUNDARAM, K.; MITHRA, V.S. MADHURAM: A simulation model for sweet potato growth. **World Journal of Agricultural Sciences**, [S.l.], v. 4, p.241-254, 2008.

SUN, Y.; PAN, Z.; YANG, C.; JIA, Z.; GUO, X. Avaliação comparativa de perfis fenólicos, atividades antioxidantes e antiproliferativas celulares em dez variedades de raízes de armazenamento de batata-doce (*Ipomoea batatas*). **Moléculas**, [S.l.], v. 24, p.1-13, 2019.

TANG, C.; SUN, J.; ZHOU, B.; JIN, C.; LIU, J.; KAN, J.; QIAN, C.; ZHANG, N. Effects of polysaccharides from purple sweet potatoes on immune response and gut microbiota composition in normal and cyclophosphamide treated mice. **The Royal Society of Chemistry**, [S.l.], v. 9, p. 937-950, 2018.

TORRES, A.; AGUILAR-OSORIO, G.; CAMACHO, M.; BASURTO, F.; NAVARRO-OCANA, A. Characterization of polyphenol oxidase from purple sweet potato (*Ipomoea batatas* L. Lam) and its affinity towards acylated anthocyanins and caffeoylquinic acid derivatives. **Food Chemistry**, [S.l.], v. 356, 129709, 2021.

TORQUATO-TAVARES, A.; NASCIMENTO, I. R.; PASCUAL-REYES, I. D.; SANTANA, W. R.; SILVEIRA, M. A. Potential for sweet potato (*Ipomoea batatas* (L.) Lam.) single crosses to improve ethanol production. **Revista Chapingo**, Texcoco, México, v. 23, n. 1, p. 59-74, 2016.

VALADARES, N. R.; ANDRADE JÚNIOR, V. C.; PEREIRA, R. C.; FIALHO, C. M. T.; FERREIRA, M. A. M. Qualidade de silagem de ramas de batata-doce com diferentes aditivos. **Revista Caatinga**, [S.l.], v. 32, n. 2, p. 506-513, 2019.

VISALAKSHI, C.; ANIL, S. R.; SHEELA, M. N.; HEGDE, V.; JYOTHI, A. N.; SREEKUMAR, J. Genetic variation for important processing traits and identification of potential parents for developing hybrid clones suitable for processing in sweet potato (*Ipomoea batatas* L Lam). **South African Journal of Botany**, [S.l.], v. 141, p. 255-264, 2021.

WANG, S.; NIE, S.; ZHU, F. Chemical constituents and health effects of sweet Potato. **Food Research International**, [S.l.], v. 89, p. 90-116, 2016.

XIÃO, Y.; LIU, H.; DU, P.; LIANG, X.; LI, H.; LU, Q.; LI, S.; LIU, H.; HONG, Y.; VARSHNEY, R. K.; CHEN X. Impact of different cooking methods on the chemical profile of high-oleic acid peanut seeds. **Food Chemistry**, [S.l.], v. 379, v. 131, p. 970, 2022.

ZHANG, R.; YE, S.; GUO, Y.; WU, M.; JIANG, S.; HE, J. Studies on the interaction between homologous proteins and anthocyanins from purple sweet potato (PSP): Structural characterization, binding mechanism and Stability. **Food Chemistry**, [S.l.], v. 400, 134050, 2023.

ZHANG, D.; GISLAIN, M.; HUAMÁN, Z.; GOLMIRZAIE, A.; HIJMANS, R. RAPD variation in sweetpotato (*Ipomoea batatas* (L.) Lam) cultivars from South America and Papua New Guinea. **Genetic Resources and Crop Evolution volume**, [S.l.], v. 45, p. 271-277, 1998.

SEGUNDA PARTE – ARTIGO*

INTERAÇÃO GENÓTIPO X AMBIENTE NO MELHORAMENTO GENÉTICO DA BATATA-DOCE

RESUMO

A batata-doce possui ampla variabilidade genética, o que permite a adaptação em diferentes condições climáticas e aptidões agrônomicas. Com isto, é possível selecionar clones de alto valor nutricional para dieta humana e adaptados às diferentes condições climáticas. Assim, objetivou-se avaliar os efeitos da interação genótipo x ambiente (GxE) em característica de batata-doce como parâmetros para a seleção de genótipos de batata-doce. O estudo foi conduzido em duas épocas no Centro de Desenvolvimento e Transferência de Tecnologia (CDTT-UFLA), em Ijaci-MG. O primeiro experimento foi realizado no período de abril a outubro de 2019 (época de inverno) e o segundo de outubro de 2019 a abril de 2020 (época de verão). Utilizou-se o delineamento experimental derivado de um látice triplo parcialmente balanceado, com 100 genótipos (tratamentos) e três repetições, em cada época de cultivo. Como testemunhas foram utilizadas cinco cultivares comerciais (Brazlândia Roxa, Princesa, Uruguaiana, BRS Amélia e Beauregard) e três genótipos pré-avaliados (UFVJM-57, UFVJM-58 e UFVJM-61). As avaliações foram realizadas na colheita (180 dias após o plantio). Avaliou-se a produtividade de raízes totais, produtividade de raízes comerciais, produtividade de massa seca de raízes comerciais, agrupamento de raízes, padrão comercial, formato geral e resistência a insetos. Os dados foram estudados via modelos mistos e utilizada a “Best Linear Unbiased Prediction” (BLUP) para a seleção dos genótipos de melhores performances agrômicas. As produtividades de raízes totais dos genótipos variaram conforme as épocas de plantio. A produtividade de raízes totais dos genótipos, considerando ambas as épocas, foi considerada elevada, com média de 42,38 t ha¹. A produtividade de raízes totais no cultivo de inverno (47,99 t ha¹) foi 30,5% superior ao observado na época de verão (36,76 t ha¹). A cultivar UFVJM-58 apresentou melhor produtividade de raízes totais (30,05 t ha¹). Já a produtividade média de raízes comerciais foi de 18,55 t ha¹ no verão e 25,97 t ha¹ no inverno. Ao considerar

as duas épocas, a produtividade de raízes comerciais foi de 22,26 t ha¹. Independente da época de cultivo, os genótipos 2018-72-1418 e 2018-19-464 destacaram-se quanto à produtividade de raízes comerciais, com valores de 9,63 t ha¹ e 9,34 t ha¹, respectivamente.

Palavras-chave: *Ipomoea batatas* L., produtividade, qualidade de raízes, BLUP

GENOTYPE X ENVIRONMENT INTERACTION IN THE GENETIC IMPROVEMENT OF SWEET POTATO

ABSTRACT

Sweet potatoes have wide genetic variability, which allows them to adapt to different climatic conditions and agronomic capabilities. With this, it is possible to select clones with high nutritional value for the human diet and adapted to different climatic conditions. Thus, the objective was to evaluate the effects of the genotype x environment (GxE) interaction on sweet potato traits as parameters for the selection of sweet potato genotypes. The study was conducted in two periods at the Technology Development and Transfer Center (CDTT-UFLA), in Ijaci-MG. The first experiment was carried out from April to October 2019 (winter season) and the second from October 2019 to April 2020 (summer season). An experimental design derived from a partially balanced triple lattice was used, with 100 genotypes (treatments) and three replications, in each growing season. Five commercial cultivars (Brazlândia Roxa, Princesa, Uruguaiana, BRS Amélia and Beauregard) and three pre-evaluated genotypes (UFVJM-57, UFVJM-58 and UFVJM-61) were used as controls. Assessments were carried out at harvest (180 days after planting). Total root productivity, commercial root productivity, dry mass productivity of commercial roots, root grouping, commercial pattern, general shape and insect resistance were evaluated. The data were studied via mixed models and the “Best Linear Unbiased Prediction” (BLUP) was used to select the genotypes with the best agronomic

performances. The total root yields of the genotypes varied according to the planting times. The total root productivity of the genotypes, considering both seasons, was considered high, with an average of 42.38 t ha⁻¹. Total root productivity in winter cultivation (47.99 t ha⁻¹) was 30.5% higher than that observed in summer (36.76 t ha⁻¹). The cultivar UFVJM-58 showed better total root productivity (30.05 t ha⁻¹). The average productivity of commercial roots was 18.55 t ha⁻¹ in summer and 25.97 t ha⁻¹ in winter. When considering the two seasons, the productivity of commercial roots was 22.26 t ha⁻¹. Regardless of the growing season, the genotypes 2018-72-1418 and 2018-19-464 stood out in terms of commercial root productivity, with values of 9.63 t ha⁻¹ and 9.34 t ha⁻¹, respectively.

Keywords: *Ipomoea batatas* L., productivity, root quality, BLUP

1 INTRODUÇÃO

A batata-doce (*Ipomoea batatas* L.) pertence à família Convolvulaceae, sendo umas das culturas alimentares mais importantes, resultado do baixo custo de produção e elevado valor nutritivo (Gobena et al., 2022). As raízes tuberosas apresentam elevado valor nutricional, destacando-se os altos teores de amido e compostos bioativos, como carotenóides e antocianinas (Grüneberg et al., 2015; Shekhar et al., 2015; Frond et al., 2019). As folhas da batata-doce, apesar de serem pouco consumidas, também podem ser utilizadas na alimentação humana na forma de saladas, pois são ricas em vitaminas, nutrientes, fibras e proteínas (Liu, 2018).

A planta apresenta alto nível de ploidia ($2n = 6x = 90$), autoincompatibilidade genética e predominância de alogamia (Sun et al., 2019), além de alelismo múltiplo (Ramalho et al., 2012). Estas características conferem à espécie elevada variabilidade genética, o que permite a seleção de genótipos promissores em programas de melhoramento genético, especialmente para

a alimentação humana (Nakitto et al., 2022). Devido ao seu alto valor nutricional, os programas de melhoramento buscam desenvolver cultivares de batata-doce principalmente para consumo humano (Silva et al., 2022). Diante as variedades de cores, a batata-doce de polpa alaranjada possui alto teor de β -caroteno, pois seu consumo pode prevenir cegueira e mortalidade materna proveniente de deficiência de vitamina A (Meng et al., 2021).

Já as batata-doce de polpa roxa possui alto teor de antocianinas, que são responsáveis por eliminar os radicais livres do organismo. Seu consumo pode ter ação anticancerígenas, aumenta a imunidade e purifica o sistema cardiovascular (Qiu et al., 2018).

Devido à alta variabilidade genética da batata-doce, a cultura adapta-se bem às diferentes condições climáticas. Todavia, as mudanças climáticas podem afetar a qualidade e produção de raízes da batata-doce, especialmente sob condições que exijam maior rusticidade da espécie (Gruneberg et al., 2005; Donato et al., 2020). De acordo com Ebem et al. (2021) e Karuniawan et al. (2021), a produção e a qualidade das raízes são muito influenciadas pelas alterações ambientais, o que implica em rendimentos variáveis de um mesmo genótipo cultivado em diferentes ambientes. Assim, os genótipos da espécie apresentam forte interação com os fatores ambientais, o que reflete acentuadamente sobre os programas de melhoramento genético da cultura. Isto ocorre, pois, a interação genótipo x ambiente (G x E) influencia a performance produtiva e qualitativa das raízes (Karuniawan et al., 2021). Logo, o estudo da interação G x E é fundamental no desenvolvimento de novos genótipos, pois o desempenho agrônômico pode variar em função das variações ambientais de determinados locais (Gurmu, 2017). O conhecimento destes efeitos permite ao melhorista realizar seleções mais acuradas e distintas para as diferentes regiões de cultivo.

Neste sentido, para a seleção confiável é importante a avaliação dos genótipos em diferentes ambientes, de forma que sejam verificados os efeitos da interação G x E sobre a performance agrônômica (Sabri et al., 2020). A partir disso é possível identificar os genótipos

ideais para cada ambiente estudados, o que permitirá incrementos significativos de produtividade (Ebem et al., 2021; Senff et al., 2021). Apesar da relevância deste tipo de estudo, ainda são escassas pesquisas que visem estudar estes efeitos da interação G x E na cultura da batata-doce, o que reforça a relevância deste trabalho. Assim, objetivou-se avaliar os efeitos da interação G x E sobre a seleção de genótipos de batata-doce para diferentes épocas de cultivo, recomendados para alimentação humana.

2 MATERIAL E MÉTODOS

Os experimentos foram instalados no Centro de Desenvolvimento e Transferência de Tecnologia da Universidade Federal de Lavras (UFLA), no município de Ijaci, Minas Gerais (altitude: 918 m; latitude: 21°14'16" S; longitude: 45°08'00" W). O primeiro experimento foi realizado no período de 02 de abril a 04 de outubro de 2019 (época de inverno), e o segundo experimento no período de 15 de outubro de 2019 a 26 de abril de 2020 (época de verão).

Em relação às condições ambientais durante os períodos de cultivo dos experimentos, na época de inverno a temperatura média foi de 21,28 °C, a mínima média de 14,44 °C e a máxima média de 26,89 °C, com precipitação de 195,1 mm, umidade relativa do ar média de 65,38% e velocidade média do vento de 1,63 m s⁻¹ (Instituto Nacional de Meteorologia, 2016) (Figura 1). Já na época de verão a temperatura média foi de 24,28 °C, a mínima média de 18,59 °C e a máxima média de 28,80 °C, com precipitação de 1346,9 mm, umidade relativa do ar média de 71,73% e velocidade média do vento de 1,29 m s⁻¹ (Figura 2).

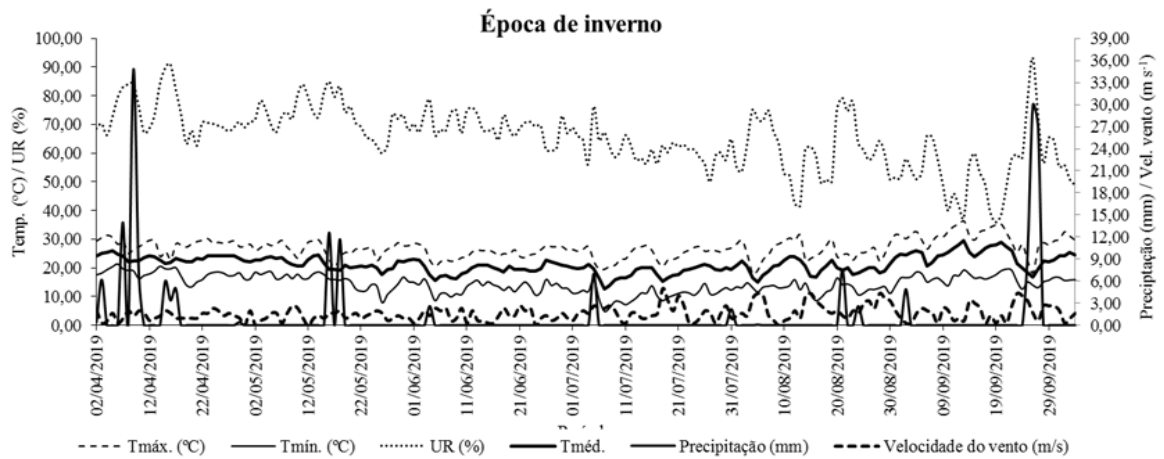


Figura 1 - Dados meteorológicos de precipitação (mm), temperatura máxima (°C), temperatura mínima (°C), temperatura média (°C), umidade relativa do ar (%) e velocidade do vento (m/s) correspondentes a época de cultivo inverno (02 de abril a 04 de outubro de 2019). Fonte: Instituto Nacional de Meteorologia (2016).

Fonte: Instituto Nacional de Meteorologia (2016)

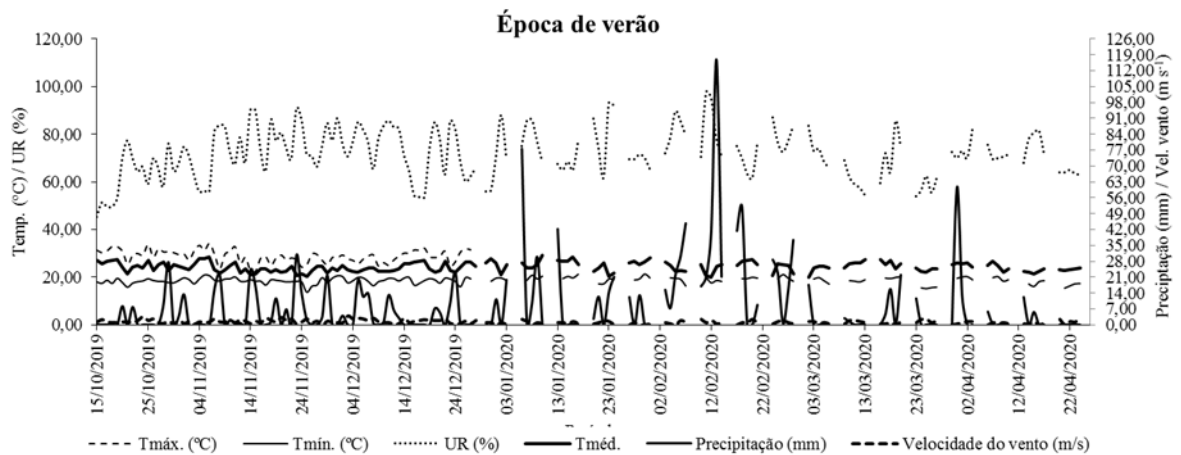


Figura 2 - Dados meteorológicos de precipitação (mm), temperatura máxima (°C), temperatura mínima (°C), temperatura média (°C), umidade relativa do ar (%) e velocidade do vento (m/s) correspondentes a época de cultivo verão (15 de outubro de 2019 a 26 de abril de 2020).

Fonte: Instituto Nacional de Meteorologia (2016)

Nos experimentos foi utilizado o delineamento experimental derivado de um látice triplo parcialmente balanceado, com 100 tratamentos e três repetições. Além disso, restringiu-se o parentesco na aleatorização de leiras e colunas entre as parcelas próximas, conforme preconizado por Bueno Filho e Gilmour (2003). Os tratamentos foram compostos por 92 genótipos experimentais de batata-doce e oito testemunhas pré-avaliadas. Como testemunhas foram avaliadas as cultivares comerciais Brazlândia Roxa, Princesa, Uruguaiana, BRS Amélia e Beauregard, e os genótipos UFVJM-57, UFVJM-58 e UFVJM-61. Todos os genótipos foram avaliados nas duas épocas de cultivo (verão e inverno).

Antes da implantação do experimento, o solo foi preparado com uma aração e uma gradagem. Posteriormente, confeccionou-se os camalhões de 0,35 m de altura. Cada camalhão foi dividido em parcelas, compostas por 10 plantas cada uma. Adotou-se o espaçamento de 1,00 m entre leiras e 0,30 m entre plantas. O primeiro experimento foi instalado a partir de segmentos de ramas de batata-doce coletados no banco de germoplasma da UFLA, e o segundo a partir de ramas obtidas na colheita do primeiro experimento. As adubações foram baseadas na recomendação para a cultura da batata-doce (Ribeiro et al., 1999). A irrigação foi realizada por gotejamento e os demais tratos culturais realizados de forma manual, conforme a necessidade da cultura.

Ambos os experimentos foram colhidos aos 180 dias após o plantio (DAP). As avaliações agronômicas foram realizadas nas plantas da área útil de cada parcela (oito plantas centrais). Quantificou-se a produtividade total de raízes (PTR), a partir da pesagem de todas as raízes, expressa em $t\ ha^{-1}$; a produtividade comercial de raízes (PCR), determinadas pela pesagem das raízes tuberosas que possuíam entre 100 e 800 g, livre de danos e com bom aspecto comercial, expressa $t\ ha^{-1}$ (Azevedo et al., 2014); a produtividade de massa seca de raízes comerciais (PMSRC), resultado da multiplicação da produtividade de raízes comerciais versus a porcentagem de massa seca de raízes, expressa em $t\ ha^{-1}$; o agrupamento de raízes (AG),

avaliado com as raízes fixadas à planta no solo, atribuindo-se as notas 3 = fechado; 5 = aberto; 7 = disperso; 9 = muito disperso (Huamán, 1999), cujas notas 3 e 5 são as desejáveis; o padrão comercial (PC), avaliado atribuindo-se as notas 1 = melhor padrão comercial, 2 = bom padrão comercial, 3 = padrão que prejudica medianamente a comercialização, 4 = padrão que prejudica muito a comercialização e 5 = pior padrão comercial (nota 1 é desejável) (Silva et al., 2022); o formato geral de raízes (FG), por escala de notas adaptadas de Azevedo et al. (2002), sendo 1 = formato fusiforme, 2 = formato próximo ao fusiforme, 3 = formato desuniforme, 4 = formato ruim ao comércio, com rachaduras e 5 = formato sem comercialização e com muitas deformações, com a nota 1 sendo a mais desejável; por fim, avaliou-se a resistência à insetos de solo (RI), atribuindo-se notas à ocorrência de galerias e/ou furos nas raízes, sendo 1 = livre de danos; 2 = poucos danos; 3 = danos que afetam medianamente o aspecto comercial; 4 = danos que afetam muito o aspecto comercial e 5 = danos que afetam totalmente o aspecto comercial, em que a nota 1 é a mais desejável (Azevedo et al., 2002). Para as características avaliadas por meio de escalas de notas, foram utilizados dois avaliadores.

Utilizou-se a metodologia de Box e Cox (1964) visando buscar a transformação que melhor descreveria a aproximação normal, encontrando-se os seguintes valores para cada característica quantitativas: produtividade de raízes totais ($\lambda=0,43$), produtividade de raízes comerciais ($\lambda=0,355$) e produtividade de massa seca de raízes comerciais ($\lambda=0,342$). Já as características qualitativas não exigiram transformações, sendo avaliadas como modelo misto ordinal ProBit.

A fim de calcular o valor médio obtido com a avaliação de cada característica agrônômica para os tratamentos, assim como para estimar a média da população, foi utilizada a transformação inversa da fórmula de Box e Cox (1964): $y = (1 + \lambda y^t)^{\frac{1}{\lambda}}$, em que: λ são transformações paramétricas; e y^t os vetores de observações transformadas.

Para cada característica agrônômica, ajustou-se um modelo misto em que se estimou a variância genética ($\hat{\sigma}_G^2$), variância erro ($\hat{\sigma}_R^2$), variância da interação genótipo x ambiente ($\hat{\sigma}_{GE}^2$), herdabilidade no sentido amplo (h_G^2). A significância dos efeitos aleatórios de genótipos e da interação G x E foram verificadas por meio da análise estatística de modelos mistos, via teste LRT (Likelihood Ratio Test) para todas as características estudadas, conforme o modelo de Henderson (1984):

$$y = Xb + Za + e$$

com as seguintes distribuições e estruturas de médias e variâncias:

$$a \sim N(0, G)$$

$$e \sim N(0, R)$$

Com base nas estimativas de componentes da variância foi calculada a herdabilidade para a seleção entre clones pela expressão: $h^2(\%) = \frac{\hat{\sigma}_g^2}{\hat{\sigma}_f^2} = \frac{\hat{\sigma}_g^2}{\hat{\sigma}_g^2 + \hat{\sigma}_e^2/r} \times 100$, em que: h^2 é a herdabilidade no sentido amplo; $\hat{\sigma}_g^2$ é a estimativa da variância genotípica; $\hat{\sigma}_e^2$ é a estimativa da variância do erro experimental; $\hat{\sigma}_f^2$ é a estimativa da variância fenotípica entre médias de clones; e r é o número de repetições dos tratamentos.

As estimativas dos BLUP (Patterson e Thompson, 1971; Henderson, 1984) são consideradas as mais adequadas para o modelo de blocos incompletos e o derivado do látice (Bueno Filho and Vencovsky, 2000). Assim, os genótipos com os 10 melhores e três piores desempenhos foram ranqueados para cada característica, considerando cada época individualmente (verão ou inverno) e também da interação (considerado as duas épocas de forma conjunta). Os dados foram analisados utilizando o software estatístico R (R Core Team, 2022).

3 RESULTADOS

Ao considerar os efeitos fixos das características avaliadas (Tabela 1), verificou-se que houve efeitos significativos ($p \leq 0,05$) das épocas de cultivo (E) para a produtividade de raízes totais, padrão comercial e resistência a insetos de solo. Todavia, estas duas últimas características também apresentaram efeitos isolados significativos dos avaliadores (A), sendo que apenas o padrão comercial foi influenciado de forma significativa pela interação entre épocas e avaliadores (E x A). As demais características avaliadas não apresentaram respostas significativas aos efeitos fixos das fontes de variação em questão.

Ao considerar os efeitos aleatórios, representados pela variância genética ($\hat{\sigma}_G^2$) e a variância da interação genótipo x ambiente ($\hat{\sigma}_{GE}^2$), observou-se que para todas as características estes efeitos foram significativos ($p \leq 0,05$) (Tabela 1). Desta forma, todos os genótipos diferenciaram-se entre as épocas de cultivo para todos os caracteres estudados, alterando-se o ranqueamento em função da época avaliada.

Em relação à herdabilidade (Tabela 1), verificaram-se valores elevados quando consideradas no sentido amplo (h_G^2), principalmente para as características produtividade de raízes totais, produtividade de raízes comerciais, produtividade de massa seca de raízes comerciais e agrupamento de raízes, com valores entre 65,45% e 71,44%. Por outro lado, o padrão comercial, formato geral e resistência a insetos apresentaram valores moderados ($h > 30$) de herdabilidade no sentido amplo (h_G^2).

Características	Efeitos fixos			Efeitos aleatórios					
	<i>p-value</i>			Componentes de variância					
	E	A	AxE	$\hat{\sigma}_G^2$		$\hat{\sigma}_{GE}^2$		$\hat{\sigma}_R^2$	h_G^2
				$\hat{\sigma}^2$	<i>p-value</i>	$\hat{\sigma}^2$	<i>p-value</i>		
PTRT ¹	<0,000***	-	-	80,74	<0,000***	50,76	<0,000***	92,09	71,44
PRCT	0,115 ^{ns}	-	-	35,48	<0,000***	20,62	0,005**	71,11	65,45
PMSRC	0,130 ^{ns}	-	-	4,49	0,002**	2,50	0,002**	8,89	65,98
AG	0,324 ^{ns}	0,880 ^{ns}	0,182 ^{ns}	0,63	<0,000***	0,32	<0,000***	1,00	65,94
PC	0,002**	0,010**	0,023*	0,33	0,003**	0,54	<0,000***	1,00	42,74
FG	0,152 ^{ns}	0,070 ^{ns}	0,148 ^{ns}	0,31	0,013*	0,67	<0,000***	1,00	38,03
RI	<0,000***	0,020*	0,172 ^{ns}	0,31	0,001**	0,41	<0,000***	1,00	45,82

Tabela 1 - Teste F para os efeitos fixos das fontes de variação época (E), avaliador (A) e interação avaliador x época (AxE), e para efeitos aleatórios, representados pelos componentes de variância (variância genética ($\hat{\sigma}_G^2$), a variância do erro ($\hat{\sigma}_R^2$), a variância da interação genótipo x ambiente ($\hat{\sigma}_{GE}^2$) e a herdabilidade no sentido amplo (h_G^2) em genótipos de batata-doce. UFLA, Lavras, MG, 2022.

p-value: valor de p do teste F à 5% de probabilidade. ***Significativo para $p \leq 0,001$; ** significativo para $p \leq 0,01$; * significativo para $p \leq 0,05$; ^{ns} não significativo.

As estimativas dos valores genotípicos de produtividade de raízes totais dos 10 melhores genótipos no período de verão variaram de 16,09 t ha⁻¹ a 30,05 t ha⁻¹, valores estes que representam os ganhos acima da produtividade média do verão (36,76 t ha⁻¹) (Tabela 2). Ou seja, as produtividades destes genótipos foram estimadas entre 52,85 t ha⁻¹ e 66,81 t ha⁻¹. O genótipo UFVJM-58 destacou-se em relação aos demais genótipos avaliados, com produtividade estimada de 82% superior à média do verão. Ao considerar a época de inverno, as estimativas dos valores genotípicos de produtividade de raízes totais variaram entre 9,68 t ha⁻¹ e 17,22 t ha⁻¹, inferiores aos ganhos observados para os dez melhores genótipos do período de verão. Entretanto, ressalta-se que a produtividade de raízes totais no período de inverno

(47,99 t ha⁻¹) foi aproximadamente 30% superior à observada no período de verão. Com isso, as produtividades médias estimadas dos 10 melhores genótipos no inverno variaram entre 57,67 e 65,21 t ha⁻¹. O genótipo 2018-19-464 foi o que apresentou maior destaque no cultivo de inverno, com produtividade média estimada em 65,21 t ha⁻¹. É importante destacar que os 10 melhores genótipos de inverno foram os mesmos ranqueados no verão, com exceção dos genótipos 2018-65-1249, UFVJM-61 e 2018-29-598, ou seja, houve uma correspondência de 70%.

Ao considerar os efeitos da interação G x E para a identificação dos melhores genótipos adaptados simultaneamente aos cultivos de verão e inverno, os 10 melhores genótipos apresentaram estimativa dos valores genotípicos para produtividade de raízes totais entre 8,02 t ha⁻¹ e 15,75 t ha⁻¹ (Tabela 2). Com isso, as produtividades médias destes genótipos foram estimadas entre 50,40 t ha⁻¹ e 58,13 t ha⁻¹, o que representa incrementos entre 18% e 37% em relação à média geral (42,38 t ha⁻¹). Esta produtividade média geral é considerada elevada para os cultivos de batata-doce no Brasil, o que reflete o potencial produtivo dos genótipos. Isto é reforçado pelo fato dos genótipos UFVJM-58, 2018-28-556, 2018-19-464, 2018-28-543, 2018-19-443 e 2018-72-1432 apresentarem alta produção de raízes totais independentemente da época de cultivo.

Produtividade total de raízes									
Ordem	Verão			Inverno			Verão e Inverno		
	Genótipo	Estimativa	Erro padrão	Genótipo	Estimativa	Erro padrão	Genótipo	Estimativa	Erro padrão
1	UFVJM-58	30,05	7,53	2018-19-464	17,22	7,53	UFVJM-58	15,75	5,21
2	2018-28-556	24,15	7,53	2018-28-543	16,22	7,53	2018-28-556	15,12	5,21
3	2018-19-464	21,01	7,53	2018-28-556	15,56	7,53	2018-19-464	14,56	5,21
4	2018-19-443	20,64	7,53	2018-72-1432	13,07	7,53	2018-28-543	13,39	5,21
5	2018-53-1038	19,00	7,53	2018-55-1154	12,49	7,53	2018-19-443	12,38	5,21
6	2018-28-543	18,95	7,53	2018-65-1249	11,99	7,53	2018-72-1432	12,15	5,21
7	2018-72-1432	18,83	7,53	2018-19-443	11,88	7,53	2018-55-1154	11,22	5,21
8	2018-55-1154	16,97	7,53	UFVJM-61	11,46	7,53	UFVJM-61	9,95	5,21
9	2018-46-995	16,75	7,53	UFVJM-58	11,32	7,53	2018-72-1418	9,09	5,21
10	2018-19-391	16,09	7,53	2018-29-598	9,68	7,53	2018-53-1038	8,02	5,21
...
98	2018-36-840	-23,19	7,53	2018-19-387	-18,52	7,67	2018-36-840	-16,20	5,21
99	2018-74-1479	-25,81	7,79	2018-36-840	-19,35	7,53	2018-15-268	-16,29	5,35
100	2018-15-268	-25,96	7,79	2018-74-1479	-24,64	7,67	2018-74-1479	-19,21	5,35
*Média (t ha⁻¹)		36,76	1,40	47,99		1,39	42,38		14,11

Produtividade comercial de raízes									
Ordem	Verão			Inverno			Verão e Inverno		
	Genótipo	Estimativa	Erro padrão	Genótipo	Estimativa	Erro padrão	Genótipo	Estimativa	Erro padrão
1	2018-72-1418	14,44	5,13	2018-19-464	11,92	5,13	2018-72-1418	9,63	3,71
2	2018-19-464	11,35	5,13	2018-72-1418	9,55	5,13	2018-19-464	9,34	3,71
3	2018-28-556	10,67	5,13	2018-19-455	8,77	5,13	2018-19-455	7,21	3,71
4	2018-74-1489	10,27	5,13	2018-19-443	7,99	5,13	2018-28-556	7,13	3,71
5	2018-46-995	9,93	5,13	2018-72-1408	7,68	5,13	2018-72-1376	6,70	3,71
6	2018-72-1476	9,80	5,13	2018-72-1376	7,34	5,13	Braz. Roxa	6,29	3,71
7	2018-72-1432	9,59	5,13	2018-28-556	7,10	5,13	2018-72-1432	6,22	3,71
8	2018-72-1376	9,35	5,13	2018-72-1428	6,88	5,13	2018-74-1489	6,09	3,71
9	Braz. Roxa	9,21	5,13	Braz. Roxa	6,45	5,13	2018-19-443	5,76	3,71
10	2018-19-455	9,19	5,13	2018-72-1381	6,30	5,13	UFVJM-58	5,66	3,71
...
98	2018-37-864	-12,24	5,13	2018-37-864	-15,35	5,13	2018-31-689	-10,97	3,71
99	2018-8-198	-13,30	5,31	2018-74-1479	-15,46	5,25	2018-37-864	-11,08	3,71
100	2018-74-1479	-13,88	5,31	2018-31-689	-16,74	5,13	2018-74-1479	-11,78	3,85
Média (t ha⁻¹)		18,55	2,72	25,97		2,72	22,26		3,76

Produtividade de massa seca de raízes comerciais									
Orden	Verão			Inverno			Verão e Inverno		
	Genótipo	Estimativa	Erro padrão	Genótipo	Estimativa	Erro padrão	Genótipo	Estimativa	Erro padrão
1	2018-72-1418	5,02	1,81	2018-19-464	4,47	1,81	2018-19-464	3,58	1,31
2	2018-19-464	4,40	1,81	2018-72-1418	3,32	1,81	2018-72-1418	3,37	1,31
3	2018-28-556	4,06	1,81	2018-19-455	3,13	1,81	2018-28-556	2,68	1,31
4	2018-72-1432	3,77	1,81	Braz. Roxa	2,67	1,81	2018-19-455	2,61	1,31
5	2018-74-1489	3,77	1,81	2018-19-443	2,62	1,81	Braz. Roxa	2,55	1,31
6	Braz. Roxa	3,63	1,81	2018-72-1408	2,61	1,81	2018-72-1376	2,43	1,31
7	2018-72-1476	3,56	1,81	2018-28-556	2,58	1,81	2018-72-1432	2,43	1,31
8	2018-72-1376	3,48	1,81	2018-72-1376	2,55	1,81	2018-74-1489	2,25	1,31
9	2018-19-455	3,35	1,81	2018-72-1428	2,50	1,81	2018-54-1137	1,94	1,31
10	2018-46-995	3,25	1,81	2018-72-1381	2,48	1,81	UFVJM-58	1,88	1,31
...
98	2018-37-864	-4,38	1,81	2018-37-864	-5,41	1,81	2018-8-198	-3,92	1,36
99	2018-8-198	-4,76	1,87	2018-74-1479	-5,41	1,85	2018-37-864	-3,96	1,31
100	2018-74-1479	-4,96	1,87	2018-31-689	-5,92	1,81	2018-74-1479	-4,19	1,36
Média (t ha⁻¹)		6,63	0,96	9,12		0,96	7,87		1,26

Tabela 2 - Ordenamento das estimativas dos valores genotípicos dos 10 melhores genótipos e os três com menores desempenho, e os erros padrão associados à estimativa para as características agronômicas quantitativas de acordo com a época de cultivo. UFLA, Lavras, MG, 2022.

*As médias apresentadas em negrito referem-se às estimativas de produtividade das características e ao erro padrão associado dentro de cada ambiente (época), e não aos ganhos, como ocorre individualmente para os genótipos da tabela.

As estimativas de ganho de produtividade comercial de raízes dos 10 melhores genótipos do período de verão variaram de 9,19 t ha⁻¹ a 14,44 t ha⁻¹, acima da média geral da característica no verão (18,55 t ha⁻¹) (Tabela 2). Estes aumentos representam um incremento entre 49,5% e 77,8% sobre a média geral dos genótipos no período. O genótipo 2018-72-1418 destacou-se com a maior estimativa em relação à média, o que representa uma produtividade comercial de raízes estimada em 33 t ha⁻¹.

Já para a época de inverno, as estimativas dos valores genotípicos variaram entre 6,30 t ha⁻¹ a 11,92 t ha⁻¹ acima da produtividade da média geral da época (25,97 t ha⁻¹). Isto indica

que as produtividades médias de raízes comerciais destes genótipos foram estimadas entre 32,27 t ha⁻¹ e 37,89 t ha⁻¹, ou seja, um acréscimo percentual de 24,3% a 46,0% em relação à média geral do inverno. Destaca-se ainda que a produtividade comercial de raízes no inverno foi 40% superior à observada na época de verão. Além disso, os genótipos 2018-72-1418 e 2018-19-464, apresentaram os melhores desempenhos no ranking (1º e 2º posição) em ambas as épocas avaliadas. Todavia, apesar das maiores estimativas destes genótipos em relação a média geral terem sido verificadas na época de verão, os mesmos apresentaram maior produtividade média de raízes comerciais durante o inverno. Ao considerar ambas as épocas de cultivo, as estimativas de superioridade em relação à média variaram de 5,66 a 9,63 t ha⁻¹, um acréscimo de 25,4% a 43,2% sobre média geral das épocas (22,26 t ha⁻¹). Ressalta-se que os genótipos 2018-72-1418, 2018-19-464, 2018-28-556, 2018-72-1376, Brazlândia Roxa e 2018-19-455 foram bem ranqueados para a produtividade de raízes comerciais no verão, inverno ou interação.

Para a produtividade de massa seca de raízes comerciais, as estimativas dos valores genotípicos dos 10 melhores genótipos do período de verão variaram entre 3,25 e 5,02 t ha⁻¹, acima da média geral da época avaliada (6,63 t ha⁻¹) (Tabela 2). Estes valores correspondem um aumento na produtividade de massa seca de raízes comerciais dos melhores genótipos entre 49% e 75,7%. Ao analisar a época de inverno, as estimativas dos valores genotípicos de produtividade de massa seca de raízes comerciais variaram entre 2,48 e 4,47 t ha⁻¹, acima da média da época (9,12 t ha⁻¹). Com isso, as estimativas de produtividade de massa seca de raízes comerciais dos melhores genótipos estiveram entre 11,6 t ha⁻¹ e 13,59 t ha⁻¹, indicando incrementos de 27,2% a 49% para o caractere. Os genótipos 2018-19-464 e 2018-72-1418 destacaram-se nas duas épocas de cultivo, assumido sempre a primeira ou segunda posição no ranking. Além disso, verificou-se que, apesar de posições diferentes, os melhores genótipos do verão e inverno foram os mesmos. Entretanto, verificou-se que o cultivo de inverno apresentou

uma produtividade média de massa seca de raízes 37,6% superior ao observado no período de verão.

Para a interação entre as épocas de verão e inverno, as estimativas de ganhos dos 10 melhores genótipos apresentaram valores entre 1,88 t ha⁻¹ a 3,58 t ha⁻¹ acima da média geral (7,87 t ha⁻¹). Com exceção dos genótipos 2018-54-1173 e UFVJM-58, os demais melhores genótipos ranqueados na interação verão x inverno também estiveram alocados entre os dez melhores nos cultivos de verão e inverno isoladamente. Além disso, com exceção do genótipo 2018-54-1137, todos os 10 melhores genótipos ranqueados para a produtividade de massa seca de raízes comerciais corresponderam aos 10 melhores genótipos de produtividade de raízes, independentemente da época de cultivo avaliada.

Os 10 melhores genótipos para o agrupamento de raízes da época de verão, apresentaram nota 3, ou seja, agrupamento fechado de raízes (Tabela 3). Já na época de inverno, apenas 7 genótipos (2018-54-1114, Brazlândia Roxa, 2018-54-1137, 2018-72-1418, 2018-15-322, 2018-15-268 e 2018-22-474) apresentaram estimativas de agrupamentos fechado de raízes, o que é de interesse para uma cultivar comercial. Apenas os genótipos 2018-54-1137 e 2018-15-268 mantiveram estimativas de agrupamento fechado de raízes tanto no verão quanto no inverno. Ao considerar a interação entre as épocas de verão e inverno, apenas 7 genótipos (Brazlândia Roxa, 2018-54-1137, 2018-28-556, 2018-72-1389, 2018-72-1448, 2018-72-1432 e 2018-72-1380) apresentaram estimativas de interesse (nota 3). Destaca-se que o genótipo 2018-54-1137 foi o único que apresentou estimativa de agrupamento fechado de raízes independentemente da época estudada (verão, inverno ou interação).

Agrupamento de raízes												
Ordem	Verão				Inverno				Verão e Inverno			
	Genótipo	Estimativa	Erro padrão	N	Genótipo	Estimativa	Erro padrão	N	Genótipo	Estimativa	Erro padrão	N
	1	2018-74-1527	-1,96	0,64	3	2018-54-1114	-1,64	0,64	3	Braz. Roxa	-1,27	0,45
2	2018-61-1163	-1,92	0,66	3	Braz. Roxa	-1,58	0,63	3	2018-54-1137	-1,26	0,46	3
3	2018-36-840	-1,87	0,64	3	2018-54-1137	-1,52	0,63	3	2018-28-556	-1,26	0,45	3
4	2018-54-1137	-1,86	0,64	3	2018-72-1418	-1,30	0,63	3	2018-72-1389	-1,21	0,45	3
5	2018-14-262	-1,71	0,65	3	2018-15-322	-1,22	0,62	3	2018-72-1448	-1,20	0,46	3
6	2018-31-689	-1,54	0,63	3	2018-15-268	-1,13	0,62	3	2018-72-1432	-1,18	0,45	3
7	2018-19-443	-1,52	0,63	3	2018-22-474	-1,07	0,62	3	2018-72-1380	-1,09	0,44	3
8	2018-15-268	-1,46	0,64	3	2018-15-299	-1,03	0,63	5	Beauregard	-1,05	0,46	5
9	2018-53-1032	-1,42	0,63	3	2018-54-1082	-0,97	0,62	5	2018-65-1249	-1,02	0,44	5
10	2018-74-1489	-1,39	0,65	3	2018-46-995	-0,94	0,62	5	2018-72-1388	-1,01	0,44	5
...
98	2018-72-1438	1,37	0,69	7	2018-68-1361	1,79	0,66	9	2018-36-806	1,16	0,46	7
99	2018-72-1376	1,49	0,65	9	2018-8-238	1,79	0,66	9	2018-38-946	1,18	0,45	7
100	2018-72-1388	1,64	0,65	9	2018-72-1401	1,96	0,67	9	2018-35-764	1,37	0,47	7

Padrão comercial												
Ordem	Verão				Inverno				Verão e Inverno			
	Genótipo	Estimativa	Erro padrão	N	Genótipo	Estimativa	Erro padrão	N	Genótipo	Estimativa	Erro padrão	N
	1	2018-72-1376	-2,09	0,67	1	2018-72-1432	-2,09	0,67	1	2018-74-1479	-1,00	0,43
2	2018-28-543	-1,58	0,65	1	2018-19-389	-2,01	0,72	1	2018-37-864	-0,99	0,43	2
3	2018-72-1380	-1,57	0,69	1	2018-28-556	-1,58	0,66	1	2018-19-387	-0,84	0,43	2
4	2018-67-1321	-1,27	0,66	2	2018-72-1434	-1,55	0,69	1	2018-15-268	-0,75	0,48	2
5	2018-65-1252	-1,15	0,65	2	2018-29-598	-1,49	0,69	1	2018-36-840	-0,68	0,43	2
6	2018-67-1323	-1,09	0,65	2	2018-37-869	-1,47	0,66	1	2018-72-1472	-0,66	0,42	2
7	2018-55-1156	-0,87	0,64	2	Braz. Roxa	-1,45	0,66	1	2018-53-1069	-0,63	0,43	2
8	2018-72-1381	-0,86	0,64	2	2018-72-1376	-1,37	0,65	1	2018-38-941	-0,57	0,43	2
9	2018-19-455	-0,79	0,64	2	2018-72-1429	-1,33	0,69	1	2018-67-1323	-0,56	0,42	2
10	2018-36-807	-0,79	0,64	2	Uruguaiana	-1,31	0,69	1	2018-19-445	-0,54	0,42	2
...
98	2018-54-1137	1,69	0,64	4	2018-36-807	1,41	0,64	4	2018-19-443	0,75	0,42	3
99	2018-68-1361	1,89	0,65	4	2018-38-926	1,48	0,64	4	2018-72-1432	0,78	0,42	3
100	2018-53-1032	1,91	0,64	4	2018-72-1409	1,51	0,64	4	2018-72-1418	0,79	0,42	3

Formato geral												
Ordem	Verão				Inverno				Verão e Inverno			
	Genótipo	Estimativa	Erro padrão	N	Genótipo	Estimativa	Erro padrão	N	Genótipo	Estimativa	Erro padrão	N
1	2018-74-1507	-2,47	0,70	2	2018-36-807	-2,03	0,67	2	Beauregard	-1,11	0,43	3
2	2018-74-1489	-2,15	0,68	2	2018-46-995	-1,79	0,68	2	2018-72-1418	-0,72	0,43	3
3	2018-53-1032	-1,87	0,67	2	2018-38-926	-1,76	0,68	2	2018-19-443	-0,61	0,43	3
4	2018-68-1361	-1,75	0,67	2	2018-72-1409	-1,52	0,66	2	2018-19-464	-0,61	0,43	3
5	2018-18-376	-1,73	0,67	2	2018-55-1156	-1,28	0,67	2	2018-72-1434	-0,55	0,43	3
6	2018-55-1154	-1,64	0,67	2	2018-65-1249	-1,14	0,76	2	2018-72-1376	-0,54	0,43	3
7	2018-31-666	-1,54	0,67	2	2018-61-1163	-1,09	0,69	3	2018-31-671	-0,53	0,44	3
8	2018-14-262	-1,53	0,67	2	2018-72-1380	-0,97	0,68	3	2018-55-1156	-0,53	0,43	3
9	2018-53-1038	-1,21	0,67	2	2018-38-946	-0,80	0,67	3	2018-72-1381	-0,49	0,43	3
10	2018-53-1031	-1,15	0,67	2	2018-31-672	-0,77	0,67	3	2018-19-455	-0,48	0,43	3
...
98	2018-72-1438	1,18	0,68	4	2018-72-1432	2,35	0,74	5	2018-15-268	0,68	0,49	4
99	2018-12-252	1,50	0,66	5	2018-72-1434	2,43	0,74	5	2018-19-445	0,72	0,43	4
100	2018-72-1376	2,13	0,72	5	2018-37-869	2,48	0,71	5	2018-37-864	1,15	0,45	4

Resistência a insetos												
Ordem	Verão				Inverno				Verão e Inverno			
	Genótipo	Estimativa	Erro padrão	N	Genótipo	Estimativa	Erro padrão	N	Genótipo	Estimativa	Erro padrão	N
1	2018-36-840	-1,50	0,63	1	2018-31-713	-1,25	0,66	1	2018-65-1252	-0,78	0,42	1
2	2018-74-1527	-1,49	0,63	1	2018-31-666	-1,25	0,66	1	2018-72-1389	-0,74	0,41	1
3	2018-19-455	-1,33	0,66	1	2018-14-262	-1,20	0,66	1	Braz. Roxa	-0,73	0,41	1
4	2018-19-461	-1,24	0,64	1	2018-72-1376	-1,13	0,65	1	2018-19-389	-0,65	0,42	1
5	2018-72-1409	-1,22	0,67	1	2018-72-1428	-1,13	0,66	1	2018-19-435	-0,65	0,42	1
6	2018-38-941	-1,08	0,62	1	2018-72-1409	-1,04	0,65	1	2018-74-1512	-0,59	0,43	1
7	2018-5-133	-1,08	0,62	1	2018-31-671	-0,89	0,64	1	2018-12-252	-0,55	0,42	1
8	2018-36-807	-0,96	0,64	1	2018-35-762	-0,89	0,64	1	2018-38-926	-0,51	0,41	1
9	2018-74-1512	-0,92	0,63	1	2018-72-1472	-0,85	0,64	1	2018-19-461	-0,50	0,41	1
10	2018-68-1361	-0,83	0,63	1	2018-72-1407	-0,84	0,65	1	2018-72-1476	-0,49	0,41	1
...
98	Princesa	1,37	0,60	2	2018-19-443	1,52	0,61	2	2018-29-598	0,69	0,40	2
99	2018-19-435	1,56	0,63	2	2018-72-1434	1,55	0,62	2	2018-61-1163	0,78	0,42	2
100	BRS Amélia	2,18	0,61	2	2018-31-689	1,91	0,61	2	UFVJM-58	1,08	0,40	2

Tabela 3 - Ordenamento das estimativas dos valores genotípicos dos 10 melhores genótipos e os três com menores desempenho, os erros padrão associados à estimativa, e as notas estimadas (N) pelo modelo ProBit para as características agrônômicas qualitativas de acordo com a época de cultivo. UFLA, Lavras, MG, 2022.

Para a característica qualitativa padrão comercial, os 10 melhores genótipos da época de verão apresentaram estimativas de nota 1 (melhor padrão comercial) e 2 (bom padrão comercial) (Tabela 2). Já na época de inverno, todos os 10 melhores genótipos apresentaram nota 1. Verifica-se que o genótipo 2018-72-1376 foi o único que esteve alocado entre os 10 melhores genótipos do verão e inverno, inclusive com nota 1. Ao considerar a interação verão x inverno, os 10 melhores genótipos apresentaram nota 2, considerado bom. De maneira geral, não houve correspondência de melhores genótipos entre o verão, inverno e interação.

Ao considerar o formato geral de raízes, os 10 melhores genótipos da época de verão apresentaram nota 2, ou seja, formato próximo ao fusiforme (Tabela 3). Para a época de inverno apenas 6 genótipos (2018-36-807, 2018-46-995, 2018-38-926, 2018-72-1409, 2018-55-1156, 2018-65-1249) apresentaram nota 2. E os 4 genótipos (2018-61-1163, 2018-72-1380, 2018-38-946, 2018-31-672) apresentaram formato desuniforme (nota 3), prejudicando sua qualidade comercial. Já a interação entre as épocas de verão e inverno, os 10 melhores genótipos apresentaram nota 3. Os genótipos 2018-72-1434 e 2018-72-1376 apresentaram os piores desempenhos nas épocas avaliadas (nota 5), porém para a interação verão e inverno apresentaram nota 3. Já o genótipo 2018-55-1156 apresentaram estimativas de interesse para a época de verão (nota 2), mas para a interação verão e inverno exibiram nota 3.

Para a característica resistência a insetos de solo, os 10 melhores genótipos das épocas avaliadas foram livres danos (nota 1) (Tabela 3). Entretanto, mesmo os três genótipos com menores desempenho para este caractere, apresentaram estimativas de interesse (nota 2).

4 DISCUSSÃO

A batata-doce é considerada um dos alimentos mais importante, principalmente para países subdesenvolvidos, devido seu alto teor de nutrientes. No entanto, a cultura possui uma

ampla variabilidade podendo ser cultivada em diversas condições climáticas. Porém, a olerícola pode ser afetada pela interação G x E (Ebem et al., 2021). Com isso, pode ocorrer variações positivas ou negativas sobre a produção de raízes e características qualitativas, como a modificação no formato e agrupamento de raízes. A depender do tipo e intensidade destas variações, pode haver redução de produtividade de raízes e comprometimento do padrão comercial das raízes.

Os genótipos de batata-doce apresentaram alterações significativas de produtividade e qualidade de raízes em relação às épocas de cultivo. Isto ocorre devido à forte influência que os fatores ambientais que exercem sobre as culturas agrícolas, como tipo de solo, temperatura, presença de insetos e tratos culturais (Silva et al., 2015). Ressalta-se a importância da seleção dos genótipos em diferentes ambientes, pois a produtividade é fortemente influenciada pelo efeito interação G x E. Logo, é importante identificar os genótipos mais adaptados aos diferentes tipos de clima e solo.

Além disso, verificou-se que o padrão comercial e a resistência a insetos foram caracteres que sofreram influências significativas dos avaliadores, havendo inclusive interação com a época de avaliação para o padrão comercial. Com isso, é possível inferir que estes caracteres apresentam uma elevada subjetividade na sua avaliação, o que deve ser contornado nas avaliações. Assim, é importante destacar que em experimentos futuros sejam realizados estudos que permitam identificar o número ótimo de avaliadores para estes caracteres qualitativos (Fonseca et al., 2020), ou mesmo um treinamento mais preciso. Este tipo de estudo reduz permitirá otimizar o número de classificadores e aumenta a acurácia da seleção para este tipo de característica. Caso este efeito não seja controlado, o mesmo poderá ser erroneamente atribuído ao efeito ambiental, o que pode tornar imprecisa a estimação dos componentes de variância e a predição dos valores genéticos.

A herdabilidade é essencial para o programa de melhoramento e está relacionada ao incremento de ganho de rendimento da cultura (Dewi et al., 2019). As altas herdabilidade ($h^2 > 50\%$) verificadas para a produtividade totais de raízes, produtividade de raízes comerciais, produtividade de massa seca de raízes comerciais e agrupamento, indicam que os genótipos podem ter ganhos consideráveis na seleção e com baixa interferência do ambiente (Falconer, 1981).

Em estudo conduzido por Azevedo et al. (2014) os autores também verificaram altos valores de herdabilidade no sentido amplo, destacando-se os valores observados para a produtividade total de raízes (71%) e produtividade de raízes comerciais (78%). Estes resultados corroboram com o verificado nesta pesquisa, que também verificou altas herdabilidade em épocas de verão e inverno. Devido a propagação da batata-doce ser vegetativa, a herdabilidade no sentido amplo é fundamental, pois os efeitos de dominância e epistasia podem ser fixados por meio de clonagem aos genótipos (Gonçalves Neto et al., 2012).

Nigussie et al. (2022) analisou a interação G x E e a medida de estabilidade em oito variedades de batata-doce alaranjada, em locais do Noroeste da Etiópia. Os autores observaram menores rendimentos de raízes em Getesemani em 2018, cujas temperaturas médias foram de 12°C, com produtividade média de 12,83 t ha⁻¹. Já as variedades que tiveram melhores desempenhos estavam em Debremedhanit, cujas temperaturas médias estavam entre 16°C a 30°C, com produtividade média de 35,92 t ha⁻¹.

A maior produtividade total de raízes ocorreu na época de inverno, atingindo a produtividade média de 47,99 t ha⁻¹. As produtividades verificadas no presente estudo estão acima da média da produtividade média nacional da batata-doce, que no ano 2021, foi de 14,6 t ha⁻¹ (Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística, 2023). Com isto, a produtividade dos genótipos irá depender da adaptabilidade ao ambiente de cultivo. Isso indica que determinado

genótipo pode produzir melhor em um ambiente e outro não, ao qual ele está adaptado (Karuniawan et al., 2021).

Os genótipos apresentaram melhores desempenhos de produtividade na época de inverno para a característica produtividade comercial de raíz. Entretanto, a avaliação desta característica em diferentes ambientes é fundamental para recomendações de novos materiais genéticos para a produção de raízes. Os 10 melhores genótipos do ranqueamento apresentaram produtividade comercial de raízes superiores à média nacional, incluindo a cultivar Brazilândia Roxa com produtividade de 32,42 t ha⁻¹ (inverno), 27,76 t ha⁻¹ (verão) e 28,55 t ha⁻¹ (verão e inverno), demonstrando boa produção para a condição climática.

Portanto, o efeito interação G x A influenciou no rendimento e qualidade de raízes, com isto reduzindo o número de raízes com padrão comercial. Os mesmos foram observados por alguns autores ao avaliarem a produtividade de cultivares de batata-doce, como Mourtala e Chukwu (2023) observaram que as raízes de alto rendimento apresentavam adaptação limitada, tendo preferência por determinado ambiente. Portanto os genótipos precisam ser testados em diferentes ambientes a sua longa seleção, com isto, selecionar genótipos superiores a diferentes ambientes, e que permaneçam estáveis no seu rendimento.

A produtividade de massa seca de raízes comerciais são relevantes na avaliação dos genótipos pois são atributos que aumenta a produtividade e aceitabilidade da batata-doce para o consumo (Mok et al., 1999; Cervante-Flores et al., 2011). Pois segundo Araujo et al. (2014), a batata-doce com rendimento acima de 30% de matéria seca permite a melhor produção de pães, deixando os mais macios. A massa seca e o teor de água presente nas raízes irá depender do genótipo, fatores fisiológicos e as condições e tempo de armazenamento. Os teores de umidade no solo durante o desenvolvimento da planta podem afetar o nível de massa seca dos genótipos.

Além das características quantitativas, as características qualitativas também são fundamentais para identificar genótipos superiores. Uma raiz tuberosa com formato de raiz fusiforme é mais atraente para os consumidores (Silva et al., 2014). Diante disso, a aparência das raízes é uma característica relevante. O formato geral a época de verão que mais se aproximaram do formato ideal (notas 1 e 2). Os valores foram melhores que os encontrados por Azevedo et al. (2014), cujas com notas variarão de 1 a 4. Azevedo et al. (2000) afirma que o tempo de permanência das raízes no solo também pode alterar o formato das raízes dos genótipos.

A batata-doce é uma planta rústica porem pode ter problemas fitossanitários e comprometer com o desenvolvimento da planta. Por isto é fundamental a utilização de cultivares resistentes ou tolerantes a pragas e doenças. Segundo Massaroto et al. (2008) ao avaliar 20 genótipos experimentais e 5 cultivares comerciais, encontraram notas inferiores a 2 (resistente a insetos). Com isto é fundamental ter os cuidados ao utilizarem ramas pois o uso continuo de ramas pode proporcionar a propagação e o acúmulo de doença no material (Silva et al., 2007).

5 CONCLUSÕES

As melhores estimativas de ganho para os caracteres quantitativos foram observadas nas épocas de inverno.

Os genótipos 2018-19-464, 2018-19-443 e 2018-28-556 são indicados na seleção por possuírem melhores adaptabilidades na época de inverno. Já os genótipos que melhor apresentaram adaptabilidade e superioridade na seleção para época de verão foram os genótipos 2018-28-556, 2018-46-995 e 2018-72-1432.

Os genótipos 2018-28-556 e 2018-19-464 apresentaram alta produtividade de raízes, uma boa produtividade de massa seca de raízes comerciais, em todas as épocas avaliadas. Isto indica que os genótipos possuem superioridade na seleção e não apresentaram influência sobre o ambiente, podendo ser recomendada para alimentação humana.

Diante as características qualitativas, os genótipos apresentaram poucas variações independente a época avaliada. A avaliação do padrão comercial pode ser utilizada para determinar produtividade e qualidade de raízes, pois está relacionado positivamente com formato geral e a produtividade de raízes comerciais.

REFERÊNCIAS

- Araújo, J.S.F., Costa, J.S., Silva, G.M.S., Cavalcanti, M.T., 2014. Avaliação sensorial de batata-doce roxa “chips” e palito. *Cad. Verde Agroecol. Desenv.* 4, 1-5.
- Azevedo, A.M., Andrade Jr., V.C., Viana, D.J., Elsayed, A.Y., Pedrosa, C.E., Neiva, I.P., Figueiredo, J.A., 2014. Influence of harvest time and cultivation sites on the productivity and quality of sweet potato. *Hortic. Bras.* 32, 21-27.
<https://doi.org/10.1590/S0102-05362014000100004>.
- Azevedo, S.M., Freitas, J.Á., Maluf, W.R., Silveira, M.A., 2000. Desempenho de clones e métodos de plantio de batata-doce. *Acta Scientiarum.* 22, 901-905.
- Azevedo, S.M., Maluf, W.R., Silveira, M.A., Freitas, J.A., 2002. Reação de clones de batata-doce aos insetos de solo. *Ciênc. Agrotec.* 26, 545-549.
- Barreto, H.G., Santos, L.B., Oliveira, G.I.S., Santos, G.R., Fidelis, R.R., Silveira, M.A., Nascimento, I.R., 2011. Estabilidade e adaptabilidade da produtividade e da reação a insetos de solo em genótipos experimentais e comerciais de batata doce. *Biosci. J.* 27, 739-747.
- Box, G., Cox, D., 1964. An analysis of transformations. *J. R. Stat. Soc. Ser. B, Methodol.* 26, 211-252. <https://doi.org/10.1111/j.2517-6161.1964.tb00553.x>.
- Bueno Filho, J.S.S., Gilmour, S.G., 2003. Planning Incomplete Block Experiments When Treatments Are Genetically Related. *Biometrics.* 59, 375-381.
<https://doi.org/10.1111/1541-0420.00044>.
- Bueno Filho, J.S.S., Vencovsky, R., 2000. Alternativas de análise de ensaios em látice no melhoramento vegetal. *Pesq. Agropec. Bras.* 35, 259-269.
<https://doi.org/10.1590/S0100-204X2000000200004>.

- Cervantes-Flores, J.C., Yencho, G.C., Davis, E.L., 2002. Host reactions of sweet potato genotypes to root-knot nematodes and variation in virulence of *Meloidogyne incognita* populations. *HortScience*. 37, 1112-1116.
<https://doi.org/10.21273/HORTSCI.37.7.1112>
- Dewi, R., Utomo, S.D., Kamal, M., Timotiwi, P.B., Nurdjanah S., 2019. Genetic and phenotypic diversity, heritability, and correlation between the quantitative characters on 30 sweet potato germplasms in Lampung, Indonesia. *Biodiversitas*. 20, 380-386.
<https://doi.org/10.13057/biodiv/d200211>.
- Donato, L.M.S., Andrade Jr., V.C., Brito, O.G., Fialho, C.M.T., Silva, A.J.M., Azevedo, A.M., 2020. Uso de ramas de batata-doce para produção de feno. *Ciênc. Anim. Bras*. 21, e-53493. <https://doi.org/10.1590/1809-6891v21e-53493>.
- Ebem, E.C., Afuape, S.O., Chukwu, S.C., Ubi, B.E., 2021. Genotype × environment interaction and stability analysis for root yield in sweet potato [*Ipomoea batatas* (L.) Lam]. *Front. Agron*. 3, 665564. <https://doi.org/10.3389/fagro.2021.665564>.
- Erpen, L., Streck, N.A, Uhlmann, L.O, Freitas, P.O, Andriolo, J.L., 2013. Tuberization and yield of sweet potato as affected by planting date in a subtropical climate. *Bragantia*. 72, 396-402. <http://dx.doi.org/10.1590/brag.2013.050>.
- Falconer, D.S., 1981. *Introduction to Quantitative Genetics*. 2nd ed. Longman, London.
- Fronde, A.D., Iuhas, C.I., Stirbu, I., Leopold, L., Socaci, S., Andreea, S., Ayvaz, H., Andreea, S., Mihai, S., Diaconeasa, Z., Carmen, S., 2019. Phytochemical characterization of five edible purple-reddish vegetables: Anthocyanins, flavonoids, and phenolic acid derivatives. *Molecules*. 24, 1536. <https://doi.org/10.3390/molecules24081536>.

- Gobena, T.L., Asemie, M.M., Firisa, T.B., 2022. Evaluation of released sweet potato [Ipomoea batatas (L.) Lam] varieties for yield and yield-related attributes in Semen-Bench district of Bench-Sheko-Zone, South-Western Ethiopia. *Heliyon*. 8, e10950, <https://doi.org/10.1016/j.heliyon.2022.e10950>.
- Gonçalves Neto, A.C., Maluf, W.R., Gomes, L.A.A., Maciel, G.M., Ferreira, R.P.D., Carvalho, R.C., 2012. Correlação entre caracteres e estimação de parâmetros populacionais para batata-doce. *Hortic. Bras.* 30, 713-719.
- Grüneberg, W.J., Manrique, K., Zhang, D., Hermann, M., 2005. G x E Interaction for a diverse set of sweetpotato genotypes evaluated across varying ecogeographic conditions in Peru. *Crop Sci.* 45, 2160-2171. <https://doi:10.2135/cropsci2003.0533>.
- Grüneberg, W.J., Ma, D., Mwanga, R.O.M., Carey, E.E., Huamani, K., Diaz, F., Eyzaguirre, R., Guaf, E., Jusuf, M., Karuniawan, A., Tjintokohadi, K., Song, Y.S., Anil, S.R., Hossain, M., Rahaman, E., Attaluri, S.I., Some, K., Afuape, S.O., Adofo, K., Lukonge, E., Karanja, L., Ndirigwe, J., Ssemakula, G., Agili, S., Randrianaivoarinovy, J.M., Chiona, M., Chipungu, F., Laurie, S.M., Ricardo, J., Andrade, M., Fernandes, R.F., Mello, A.S., Khan, M.A., Labonte, D.R., Yencho, G.C., 2015. Advances in Sweetpotato Breeding from 1992 to 2012, in: Low, J; Nyongesa, M.; Quinn, S; Parker, M. (Eds.), *Potato and sweetpotato in Africa: Transforming the value chains for food and nutrition security*. CABI International Wallingford, New York, pp. 3-68. <https://doi.org/10.1079/9781780644202.0003>.
- Gurmu, F., 2017. Stability analysis of fresh root yield of sweetpotato in Southern Ethiopia using GGE Bi-plot. *Int. J. Pure Agric. Adv.* 1, 1-9. <https://doi:10.20448/813.11.1.9>.
- Henderson, C.R., 1984. *Applications of Linear Models in Animal Breeding*. University of Guelph, Guelph.

- Huamán, Z., 1999. Botany, Origin, Evolution and Biodiversity of the Sweet Potato: Sweet potato Germplasm Management Training Manual. CIP, New York.
- Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística, 2023. Dados de 2021. Sidra, 2023. <https://sidra.ibge.gov.br/Tabela/1612#resultado>.
- Instituto Nacional de Meteorologia, 2016. Rede de estações, estações automáticas, gráficos. INMET, Brasília. <http://www.inmet.gov.br/portal/index>.
- Karuniawan, A., Maulana, H., Anindita, P.A., Yoel, A., Ustari, D., Suganda, T., Concibido, V., 2021. Storage root yield and sweetness level selection for new honey sweet potato (*Ipomoea batatas* [L.] Lam). *Open Agric.* 6, 329-345. <https://doi.org/10.1515/opag-2021-0219>.
- Liu, C.S., 2018. The benefits of consuming sweet potato leaves: Helps reduce risk of chronic diseases and promotes health. *J. Regen. Med.* 7, 38. <https://doi.org/10.4172/2325-9620-C3-013>.
- Massaroto, J.A., 2008. Características agronômicas e produção de silagem de clones de batata doce. Tese [Doutorado em Agronomia] – Universidade Federal de Lavras.
- Meng, Y., Su, W., Ma, Y., Liu, L., Gu, X., Wu, D., Shu, X., Lai, Q., Tang, Y., Wu, L., Wang, Y., 2021. Assessment of genetic diversity and variety identification based on developed retrotransposon-based insertion polymorphism (RBIP) markers in sweet potato (*Ipomoea batatas* (L.) Lam.). *Sci. Rep.* 11, 17116. <https://doi.org/10.1038/s41598-021-95876-w>.
- Mok, I.G., Schmiediche, P., 1999. Collecting, characterizing, and maintaining sweetpotato germplasm in Indonesia. *Plant Genet. Resour. Newsl.* 118, 12-18.
- Mourtala, I.Z.M., Chukwu, S.C., 2023. Sweetpotato [*Ipomoea batatas* (L.) Lam] genetic incompatibility effects in true hybrids seeds for new farmer cultivars development. *J. Sustain. Agric. Environ.* 2, 122-130. <https://doi.org/10.1002/sae2.12044>.

- Nakitto, M., Johanningsmeier, S.D., Moyo, M., Bugaud, C., Kock, H., Dahdouh, L., Forestier-Chiron, N., Ricci, J., Khakasa, E., Ssali, R.T., Mestres, C., Muzhingiri, T., 2022. Sensory guided selection criteria for breeding consumer-preferred sweetpotatoes in Uganda. *Food Qual. Prefer.* 101, 104628. <https://doi.org/10.1016/j.foodqual.2022.104628>.
- Nigussie, Z.T., Gebeyehu, S.A., Mulugeta, S.M., Guadie, Y.F., 2022. Genotype by environmental interaction and measurements of stability on eight orange-fleshed sweet potato (*Ipomoea batatas*) Varieties: East Gojjam Zone, North West Ethiopia. *Adv. Agric.* 1-7. <https://doi.org/10.1155/2022/3117092>.
- Patterson, H.D., Thompson, R., 1971. Recovery of inter-block information when block sizes are unequal. *Biometrika.* 58, 545-554.
- Qiu, G., Wang, D., Song, X., Deng, Y., Zhao, Y., 2018. Degradation kinetics and antioxidant capacity of anthocyanins in air-impingement jet dried purple potato slices. *Food Res. Int.* 105, 121-128. <https://doi.org/10.1016/j.foodres.2017.10.050>.
- Ramalho, M.A.P., Santos, J.B., Pinto, C.A.B.P., Souza, E.A., Gonçalves, F.A., Souza, J.C., 2012b. *Genética na Agropecuária*, quinta ed. rev. UFLA, Lavras.
- R Core Team, 2022. R: A language and environment for statistical computing. R Foundation for Statistical Computing, Vienna, Austria. <https://www.R-project.org/>.
- Ribeiro, A.C., Guimarães, P.T.G., Alvarez, V.H., 1999. *Recomendações para o uso de Corretivos e Fertilizantes em Minas Gerais: 5ª Aproximação*. SBCS, Viçosa.
- Sabri, R.S., Rafii, M.Y., Ismail, M.R., Yusuff, O., Chukwu, S.C., Hasan, N.A., 2020. Assessment of agro-morphologic performance, genetic parameters and clustering pattern of newly developed blast resistant rice lines tested in four environments. *Agron.* 10, 1098. <https://doi.org/10.3390/agronomy10081098>.

- Senff, S.E., Milcheski, V.F., Konkol, A.C.B., Fioreze, A.C.C.L., 2021. Genotype × Environment effects on morphological and productive components of sweet potato (*Ipomoea batatas*L.). *Colloq. Agrariae*. 17, 7-15.
<https://doi.org/10.5747/ca.2021.v17.n5.a455>.
- Shekhar, S., Mishra, D., Buragohain, A.K., Chakraborty, S., Chakraborty, N., 2015. Comparative analysis of phytochemicals and nutrient availability in two contrasting cultivars of sweet potato (*Ipomoea batatas* L.). *Food Chemistry* 173, 957-965.
<https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2014.09.172>.
- Silva, G. O., Suinaga, F. A., Ponijaleki, R., Amaro, G. B., 2015. Desempenho de cultivares de batata-doce para caracteres relacionados com o rendimento de raiz. *Rev. Ceres*. 6, 379-383.
- Silva, G.O., Pereira, A.S.; Souza, V.Q., Carvalho, F.I.F.; Ney, V.G., 2007. Influencia da distancia entre genitores de batata nas estimativas de capacidades de combinacoes em geracoes iniciais de selecao. *Magistra*. 19, 224-233.
- Silva, J.C.O., Andrade Jr., V.C., Bueno Filho, J.S.S., Brito, O.G., Lopes, T.C., Pereira, A.G., Zaqueu, A.S., Taula, A.J.V., Firme, T.D., 2022. Mixed model-based indices for selection of sweet potato genotypes for different agronomic aptitudes. *Euphytica*. 218, 86. <https://doi.org/10.1007/s10681-022-03033-9>.
- Silva, L.F.L., Carvalho, R.C., Lasmar, A., Maluf, W.R., Sarmiento, C. M., 2014. Potencial para a produção de raízes de batata-doce a partir de novos clones. *Hortic. Bras*. 31, 1195-1200.
- Sun, Y., Pan, Z., Yang, C., Jia, Z., Guo, X., 2019. Avaliação comparativa de perfis fenólicos, atividades antioxidantes e antiproliferativas celulares em dez variedades de raízes de armazenamento de batata-doce (*Ipomoea batatas*). *Moléculas* 24, 1–13.

Wang, S., Nie, S., Zhu, F., 2016. Chemical constituents and health effects of sweet Potato. *Food Res. Int.* 89, 90-116. <https://doi.org/10.1016/j.foodres.2016.08.032>.