



**ARIANA LEMES DA COSTA**

**SELEÇÃO DE GENÓTIPOS SUPERIORES DE BATATA-  
DOCE PARA A ALIMENTAÇÃO HUMANA VIA MODELOS  
MISTOS**

**LAVRAS-MG  
2020**

**ARIANA LEMES DA COSTA**

**SELEÇÃO DE GENÓTIPOS SUPERIORES DE BATATA-DOCE PARA A  
ALIMENTAÇÃO HUMANA VIA MODELOS MISTOS**

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 a obtenção do título de Mestre.

Prof. Dr. Valter Carvalho de Andrade Júnior  
Orientador

**LAVRAS-MG  
2020**

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

Da costa, Ariana Lemes.

Seleção de genótipos superiores de batata-doce para a  
alimentação humana via modelos mistos / Ariana Lemes Da Costa.  
- 2020.

99 p. : il.

Orientador(a): Valter Carvalho de Andrade Júnior.

Dissertação (mestrado acadêmico) - Universidade Federal de  
Lavras, 2020.

Bibliografia.

1. *Ipomoea batatas* L. 2. Produtividade de raízes. 3. Qualidade  
de raízes. I. De Andrade Júnior, Valter Carvalho. II. Título.

**ARIANA LEMES DA COSTA**

**SELEÇÃO DE GENÓTIPOS SUPERIORES DE BATATA-DOCE PARA A  
ALIMENTAÇÃO HUMANA VIA MODELOS MISTOS**

**SELECTION OF SUPERIOR SWEET POTATO GENOTYPES FOR HUMAN FOOD  
VIA MIXED MODELS**

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 a obtenção do título de Mestre.

APROVADA em 15 de outubro de 2020.

Dr. Cleiton Lourenço de Oliveira UFLA

Dr. Pablo Forlan Vargas UNESP

Prof. Dr. Valter Carvalho de Andrade Júnior  
Orientador

**LAVRAS-MG  
2020**

*À minha avó Maria (in memoriam) e à minha mãe Rosângela, pela motivação, apoio e amor.*

*Dedico*

*Aos Produtores Rurais, pelos resultados obtidos neste trabalho.*

*Dedico*

## AGRADECIMENTOS

Primeiramente a Deus, por possibilitar a concretização desta pós-graduação e por me dar forças para enfrentar os obstáculos.

À Universidade Federal de Lavras, especialmente ao Departamento de Agricultura e ao Programa de Pós-graduação em Agronomia/Fitotecnia, pela oportunidade de realizar meu Mestrado.

À Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior - Brasil (CAPES) - Código de Financiamento 001, pela concessão da bolsa de Mestrado.

Ao Centro de Desenvolvimento e Transferência de Tecnologia (CDTT) da Universidade Federal de Lavras, onde o experimento foi desenvolvido. Um grande agradecimento e abraço ao Técnico responsável pelo CDTT, Vicente, e aos colaboradores, Elenice, Francisco, Júnior, Ronaldo, Vanderlei e Vanessa, que auxiliaram no desenvolvimento do experimento no campo, desde o preparo da área até as avaliações.

Ao Professor Valter Carvalho de Andrade Júnior, pela orientação, paciência, ensinamentos e apoio durante o mestrado.

Ao Professor Júlio Sílvio de Sousa Bueno Filho, do Departamento de Estatística, pelo grande auxílio na representação dos resultados do trabalho e também pela paciência e conhecimentos compartilhados.

À Professora Elisângela Elena Nunes Carvalho, do Departamento de Ciências dos Alimentos, pelos esclarecimentos das atividades posteriores a essa dissertação, que realizei no Laboratório de Pós-colheita de Frutas e Hortaliças, sob sua supervisão. Agradeço a paciência e os conhecimentos compartilhados. Também agradeço à Beatriz, à Ana Lázara e ao Rafael, alunos de pós-graduação, que auxiliaram no Laboratório.

Ao pós-doutorando Orlando, do Departamento de Agricultura, pelas sugestões e correções no trabalho.

À banca de defesa, composta pelos Professores Cleiton Lourenço de Oliveira e Pablo Forlan Vargas, pelas contribuições ao trabalho.

A todos os amigos da área de Olericultura, em especial ao André, que me auxiliou de forma intensa em todas as atividades, e também o auxílio do Eduardo, Orlando e Jeferson, por todas as atividades em que me ajudaram no decorrer do trabalho.

Aos alunos de iniciação científica do Setor de Olericultura, que sempre colaboraram nas atividades do trabalho enquanto cumpriam seus horários, em especial à Júlia, Aline, Ana Paula, Camila, Alysson e Bianca.

A todos os amigos do Núcleo de Estudos em Olericultura que auxiliaram na execução do trabalho no Laboratório de Avaliação de Hortaliças, sendo eles, Paulo André, Rafaela, Maria Vitória, Laís, Joana, Isabel, Gustavo, Daniele e Emily, e outros já mencionados anteriormente.

À Sylmara, Stéfany, Josimar, Luís, Mannon, Francisco, Amanda e Carlos Henrique, que também colaboraram na execução do trabalho.

À minha avó Maria (*in memoriam*) que se foi enquanto eu cursava o mestrado e que deixou muitas saudades, mas que, mesmo não estando presente, me dá muita força para buscar o melhor. À minha avó e à minha mãe Rosângela, pelas orações, preocupações, por nunca medirem esforços para que eu realize meus objetivos e por sempre me motivarem e ficarem felizes por minhas conquistas.

À minha irmã Mirian e ao meu sobrinho Victor Henrique, pelo carinho e apoio.

Ao meu namorado Bruno, pelo total apoio em minha vida profissional, amor, companheirismo e motivação em buscarmos sempre o melhor para nós.

Às minhas amigas de apartamento, que estiveram comigo durante todo o mestrado, nos momentos alegres, tristes e estressantes, Yasmim e Rayanne.

A todos os meus amigos que ficam felizes com minha conquista.

Muito obrigada!

*“O sucesso nasce do querer, da determinação e persistência em se chegar a um objetivo. Mesmo não atingindo o alvo, quem busca e vence obstáculos, no mínimo fará coisas admiráveis.” (José de Alencar)*

*“Tudo tem seu tempo e até certas manifestações mais vigorosas e originais entram em voga ou saem de moda. Mas a sabedoria tem uma vantagem: é eterna.” (Baltasar Gracián)*

## RESUMO

A batata-doce é uma espécie que apresenta alta variabilidade genética, e isto possibilita a seleção de genótipos para diferentes aptidões de uso, como alimentação humana, alimentação animal, produção de etanol e matéria-prima agroindustrial. Diante disto, há diferentes trabalhos visando o aumento da produtividade e a melhoria das características qualitativas e nutricionais. Todavia, o melhoramento genético de determinada cultura é um processo constante, e devido a grande variabilidade genética, há possibilidade de realizar a seleção de genótipos superiores aos pré-existentes no mercado, especialmente aplicando-se metodologias estatísticas mais eficientes. Dessa forma, objetivou-se com este estudo, avaliar agronomicamente genótipos de batata-doce, por meio de modelos mistos, visando a seleção de genótipos superiores para a alimentação humana, bem como predizer ganhos com a seleção e avaliar as correlações genotípicas entre caracteres. O trabalho foi realizado no Centro de Desenvolvimento e Transferência de Tecnologia (CDTT-UFLA), no período de abril a outubro de 2019. Foi utilizado um delineamento derivado de um látice triplo parcialmente balanceado, com três repetições. Como tratamentos foram avaliados 92 genótipos de batata-doce selecionados no primeiro ciclo de seleção, além de oito testemunhas, sendo elas as cultivares comerciais Brazlândia Roxa, Princesa, Uruguaiana, BRS Amélia e Beauregard, e os genótipos pré-avaliados UFVJM-57, UFVJM-58 e UFVJM-61. Os tratamentos foram ranqueados pelo modelo linear misto via REML/BLUP, destacando-se os 15 melhores genótipos em cada característica agrônômica, e, posteriormente, os melhores de forma conjunta, considerando as características quantitativas e qualitativas. Altas herdabilidades foram encontradas para as características de produtividade de parte aérea (65,89%), produtividade de raízes totais (93,74%), produtividade de raízes comerciais (70,54%), produtividade de massa seca de raízes totais (74,51%) e produtividade de massa seca de parte aérea (52,46%). Há ganhos consideráveis com a seleção para produtividade de parte aérea, produtividade de raízes totais e produtividade de raízes comerciais, na ordem de 41,84, 18,23 e 12,25 t ha<sup>-1</sup>, respectivamente. Os genótipos 2018-19-464, 2018-36-807, 2018-72-1409, 2018-19-443, 2018-72-1376, 2018-54-1137, 2018-72-1432, 2018-72-1428, 2018-72-1418, 2018-19-455, 2018-54-1114 e 2018-65-1249 são indicados para seleção por possuírem boas características ligadas à produtividade e à qualidade de raízes. Já os genótipos 2018-28-556 e o 2018-31-666 apresentaram dupla aptidão (alimentação humana e animal), pois além de boas características de produtividade e de qualidade de raízes, apresentaram também boa produtividade de parte aérea e de massa seca de parte aérea. Dentre as características quantitativas, as principais correlações genéticas são observadas entre características interdependentes, destacando-se a associação entre a produtividade de parte aérea e a produtividade de massa seca de parte aérea. Já o padrão comercial é uma forma eficiente de avaliar a produtividade e a qualidade de raízes, pois correlaciona-se positivamente com formato geral e a produtividade de raízes comerciais.

Palavras-chave: *Ipomoea batatas* L. Produtividade de raízes. Qualidade de raízes. REML/BLUP.

## ABSTRACT

Sweet potato is a high genetic variability specie that allows the selection of genotypes for different aptitudes, such as human and animal nutrition, ethanol production and industrial. In this sense, there are different studies aimed to increasing productivity and improving qualitative and nutritional characteristics. However, the genetic improvement of a given crop is a constant process, and due to the great genetic variability of sweet potatoes, it is possible to select superior genotypes, especially by applying more efficient statistical methodologies. Thus, the aim of this study was to evaluate sweet potato genotypes, using mixed models, aiming the superior genotypes selection for human consumption, as well as predicting selection gains and evaluating the genotypic correlations among characters. The work was carried out at the Technology Development and Transfer Center (CDTT-UFLA) from April to October 2019. A design derived from a partially balanced triple lattice was used, with three replications. As treatments were evaluated 92 sweet potato genotypes selected in the first selection cycle, plus eight commercial genotypes, Brazlândia Roxa, Princesa, Uruguaiana, BRS Amélia and Beauregard, and the pre-evaluated genotypes UFVJM-57, UFVJM-58 and UFVJM-61. The treatments were ranked by the mixed linear model via REML/BLUP, highlighting the 15 best genotypes in each agronomic trait, and, subsequently, the best ones together, considering the quantitative and qualitative characteristics. High heritabilities were found for the characteristics of part area productivity (65.89%), total root productivity (93.74%), commercial root productivity (70.54%), total dry mass productivity (74.51%) and shoot dry matter productivity (52.46%). There are considerable gains with the selection for aerial part productivity, total root productivity and commercial root productivity, in the order of 41.84, 18.23 and 12.25 t ha<sup>-1</sup>, respectively. The genotypes 2018-19-464, 2018-36-807, 2018-72-1409, 2018-19-443, 2018-72-1376, 2018-54-1137, 2018-72-1432, 2018-72-1428, 2018-72-1418, 2018-19-455, 2018-54-1114 and 2018-65-1249 are indicated for selection because they have good characteristics linked to the productivity and the quality of roots. The genotypes 2018-28-556 and 2018-31-666 showed dual aptitude (human and animal feed), because in addition to good characteristics of productivity and quality of roots, they also showed good productivity of aerial part and dry mass of aerial part. Among the quantitative characteristics, the main genetic correlations are observed between interdependent characteristics, highlighting the association between aerial part productivity and aerial part dry mass productivity. The commercial standard, on the other hand, is an efficient way of evaluating the productivity and quality of roots, since it correlates positively with the general format and the productivity of commercial roots.

Keywords: *Ipomoea batatas* L. Root yield. Root quality. REML/BLUP.

## LISTA DE ILUSTRAÇÕES

### SEGUNDA PARTE

Figura 1 -	Temperaturas médias, máximas e mínimas, umidade relativa do ar e precipitação no período de 02 de abril de 2019 a 04 de outubro de 2019. Estação Climatológica Principal de Lavras, Minas Gerais, 2020.....	47
Figura 2 -	Esquema do delineamento experimental derivado de um látice triplo parcialmente balanceado. UFLA, Lavras, MG, 2020.....	48
Figura 3 -	Escala de notas para a avaliação de formato geral das raízes. UFLA, Lavras, MG, 2020.....	50
Figura 4 -	Escala de notas para a avaliação de padrão comercial das raízes. UFLA, Lavras, MG, 2020.....	50
Figura 5 -	Escala de notas para a avaliação de resistência a insetos de solo. UFLA, Lavras, MG, 2020.....	51
Figura 6 -	Escala de notas para a avaliação de agrupamento de raízes. UFLA, Lavras, MG, 2020.....	51
Figura 7 -	Escala de notas para a avaliação de olhos nas raízes. UFLA, Lavras, MG, 2020.....	52
Figura 8 -	Escala de notas para a avaliação de veias nas raízes. UFLA, Lavras, MG, 2020.....	52
Figura 9 -	Escala de notas para a avaliação de escurecimento enzimático nas raízes. UFLA, Lavras, MG, 2020.....	53
Figura 10 -	Escala de notas para a avaliação de lenticelas nas raízes. UFLA, Lavras, MG, 2020.....	53
Figura 11 -	Escala de notas para a avaliação de cor da casca das raízes. UFLA, Lavras, MG, 2020.....	54
Figura 12 -	Escala de notas para a avaliação de cor da polpa das raízes. UFLA, Lavras, MG, 2020.....	54
Gráfico 1 -	Estimativas REML/BLUP para as características quantitativas de produtividade de raízes totais e produtividade de raízes comerciais. UFLA, Lavras, MG, 2020.....	84
Gráfico 2 -	Estimativas REML/BLUP para as características quantitativas de produtividade de massa seca de raízes totais e produtividade de massa seca de raízes comerciais. UFLA, Lavras, MG, 2020.....	85

Gráfico 3 -	Estimativas REML/BLUP para as características quantitativas de produtividade de parte aérea e produtividade de massa seca de parte aérea. UFLA, Lavras, MG, 2020. ....	86
Gráfico 4 -	Estimativas REML/BLUP para as características qualitativas de formato geral e padrão comercial. UFLA, Lavras, MG, 2020. ....	87
Gráfico 5 -	Estimativas REML/BLUP para as características qualitativas de agrupamento de raízes e olho. UFLA, Lavras, MG, 2020. ....	88
Gráfico 6 -	Estimativas REML/BLUP para a característica qualitativa lenticela. UFLA, Lavras, MG, 2020. ....	89

## LISTA DE TABELAS

### SEGUNDA PARTE

- Tabela 1 - Probabilidade de significância no test f da análise de variância para os efeitos de controle local, sendo eles os blocos, as leiras e as colunas. UFLA, Lavras, MG, 2020. ....56
- Tabela 2 - Variância genética e ambiental e herdabilidade no sentido amplo para as características agronômicas. UFLA, Lavras, MG, 2020.....58
- Tabela 3 - Ordenamento das estimativas dos valores genotípicos de clones para as características: produtividade de raízes totais, produtividade de raízes comerciais, produtividade de massa seca de raízes totais, produtividade de massa seca de raízes comerciais, produtividade de parte aérea e produtividade de massa seca de parte aérea, onde a ordem 1 é o melhor genótipo. UFLA, Lavras, MG, 2020. (continua).....60
- Tabela 4 - Ordenamento das estimativas dos valores genotípicos de clones para as características: formato geral, padrão comercial, agrupamento de raízes, olho e lenticela, em ordem decrescente, sendo a ordem 1 a melhor, além da correlação das notas dos dois avaliadores e o intervalo de confiança pelo método de Pearson. UFLA, Lavras, MG, 2020. (continua).....71
- Tabela 5 - Estimativas REML/BLUP, média e desvio padrão para as características: produtividade de raízes totais, produtividade de raízes comerciais, produtividade de massa seca de raízes totais, produtividade de massa seca de raízes comerciais, produtividade de parte aérea, produtividade de massa seca de parte aérea, formato geral, padrão comercial, agrupamento de raízes, olho e lenticela. UFLA, Lavras, MG, 2020. (continua).....79
- Tabela 6 - Correlação genética (G) e ambiental (E) entre as características agronômicas por meio da estimativa REML/BLUP, em que acima da linha diagonal das características está a correlação de Pearson e abaixo a probabilidade de ser nula pelo teste t. UFLA, Lavras, MG, 2020. ....91

## SUMÁRIO

<b>PRIMEIRA PARTE</b>	
<b>1</b>	<b>INTRODUÇÃO ..... 15</b>
<b>2</b>	<b>REFERENCIAL TEÓRICO ..... 17</b>
<b>2.1</b>	<b>Panorama da cultura da batata-doce ..... 17</b>
<b>2.2</b>	<b>Cultura da batata-doce: botânica e exigências edafoclimáticas..... 18</b>
<b>2.3</b>	<b>Batata-doce para o consumo humano ..... 19</b>
<b>2.4</b>	<b>Composição nutricional da batata-doce ..... 21</b>
<b>2.5</b>	<b>Batata-doce como alimento funcional..... 23</b>
<b>2.6</b>	<b>Melhoramento genético da batata-doce ..... 26</b>
<b>2.7</b>	<b>Seleção de genótipos via modelos mistos ..... 28</b>
<b>2.8</b>	<b>Aplicação das correlações no melhoramento genético da batata-doce..... 30</b>
	<b>REFERÊNCIAS ..... 32</b>
	<b>SEGUNDA PARTE – ARTIGO..... 42</b>
	<b>ARTIGO 1 – SELEÇÃO DE GENÓTIPOS SUPERIORES DE BATATA-DOCE PARA A ALIMENTAÇÃO HUMANA VIA MODELOS MISTOS..... 43</b>
<b>1</b>	<b>INTRODUÇÃO ..... 44</b>
<b>2</b>	<b>MATERIAL E MÉTODOS..... 46</b>
<b>3</b>	<b>RESULTADOS E DISCUSSÃO ..... 56</b>
<b>4</b>	<b>CONCLUSÕES ..... 93</b>
	<b>REFERÊNCIAS ..... 94</b>

## **PRIMEIRA PARTE**

## 1 INTRODUÇÃO

A batata-doce (*Ipomoea batatas* L.) é uma espécie que apresenta alta variabilidade genética, o que possibilita a seleção de genótipos para diferentes aptidões, destacando-se a utilização das raízes para a alimentação humana (RITSCHER *et al.*, 1999; TORQUATO-TAVARES *et al.*, 2016), principal forma de uso da cultura. Assim, estudos que envolvam a avaliação dessa diversidade genética presente nos genótipos e seus potenciais produtivos são de grande importância, como os trabalhos desenvolvidos a partir de genótipos presentes no Banco de Germoplasma da Universidade Federal de Lavras, que podem contribuir para futuros programas de melhoramento genético da cultura.

No melhoramento genético da batata-doce deseja-se aumentar a frequência dos alelos favoráveis dentro da população (KALKMANN, 2011). Para isso, conforme o mesmo autor, usualmente efetua-se o policruzamento, a fim de recombinar os acessos e, posteriormente, realizar a seleção recorrente para proporcionar a concentração de alelos favoráveis. Dessa forma, avaliar progênies de meios-irmãos obtidas por policruzamentos e em diferentes ciclos de seleção recorrente é uma estratégia relevante e prática para o avanço de programas de melhoramento da batata-doce. Neste contexto, há diferentes trabalhos que demonstram, além do aumento da produtividade, a melhoria das características qualitativas e/ou nutricionais por meio da seleção de progênies meios-irmãos (AZEVEDO *et al.*, 2014; CARDOSO *et al.*, 2005; GONÇALVES NETO *et al.*, 2011; SILVA, 2019).

A fim de realizar uma seleção eficiente no melhoramento genético da batata-doce, deve-se estabelecer as estimativas de parâmetros genéticos, como exemplo, a variância genotípica e a herdabilidade (CRUZ; REGAZZI; CARNEIRO, 2012). Isso é necessário, pois segundo estes autores, a partir destas estimativas é possível realizar inferências sobre a predição de ganhos com a seleção.

Além de determinar os melhores métodos de melhoramento genético, é importante também que as ferramentas estatísticas sejam precisas e eficientes. Nesse sentido, a adoção de modelos estatísticos para a predição de ganhos genéticos melhoram a acurácia da seleção dos genótipos e se faz necessária (RESENDE, 2004). Comumente, a estimação destes parâmetros é realizada por meio da análise de variância, entretanto, a técnica apresenta algumas limitações, como a imprecisão sob presença de desbalanceamento experimental (RESENDE, 2016). Dessa forma, a seleção a partir de modelos mistos usando o procedimento REML/BLUP (máxima verossimilhança restrita/melhor predição linear não viciada) contempla diversas vantagens, como permitir comparar com precisão os genótipos através do

tempo e do espaço, além de permitir simultaneamente a correção para os efeitos ambientais, estimação de componentes de variância e predição de valores genéticos, inclusive sob presença de desbalanceamento (RESENDE, 2016). Apesar disso, a seleção via modelos mistos via REML/BLUP tem sido pouco utilizada com a cultura da batata-doce, sendo encontrados na literatura apenas três trabalhos com o objetivo de selecionar os melhores genótipos com a técnica (BORGES *et al.*, 2010; OTOBONI *et al.*, 2020; SILVA, 2019).

Além da seleção dos genótipos, é válido destacar que nas raízes de batata-doce deseja-se a junção de diferentes características quantitativas e qualitativas para atender o mercado consumidor (GONÇALVES NETO *et al.*, 2012). Logo, há a necessidade de identificar se as correlações entre essas características, a fim de determinar a sua origem, sendo elas genéticas ou ambientais (KALKMANN, 2011). Vilela (2008) relata que as correlações entre características é uma medida que deve ser estabelecida como estratégia do programa de melhoramento, pois indicam o quanto uma característica está associada a outra. Isso é importante, visto que possibilita a seleção indireta de características de difícil mensuração por meio da seleção da característica associada (AZEVEDO *et al.*, 2015; GONÇALVES NETO *et al.*, 2012).

Assim, este estudo teve como objetivo avaliar agronomicamente genótipos meios-irmãos de batata-doce, por meio de modelos mistos, visando a seleção de genótipos superiores para a alimentação humana, bem como predizer ganhos com a seleção e avaliar as correlações genotípicas entre caracteres.

## 2 REFERENCIAL TEÓRICO

### 2.1 Panorama da cultura da batata-doce

A batata-doce é uma das culturas alimentares mais cultivadas no mundo. De acordo com a *Food and Agriculture Organization of the United Nations* (FAO), em 2017, a produção mundial de batata-doce foi de 91.219.184 toneladas (t), sendo a Ásia responsável por 64,8%, a África por 29,1%, as Américas por 4,9%, a Oceania por 1% e a Europa por 0,1%. Em 2018, o panorama foi semelhante, sendo que a produção mundial aumentou para 91.945.358 t, porém, a distribuição mundial variou pouco em relação a 2017, com a Ásia responsável por 66%, a África por 28,3%, as Américas por 4,6%, a Oceania por 1% e a Europa por 0,1%. Em relação ao Brasil, o país é um importante produtor de batata-doce na América. Entretanto, o país apresentou uma redução de 5,03% na produção de 2017 (780.461 t) para 2018 (741.203 t), o que contribuiu para a queda da produção das Américas neste mesmo período (FAO, 2019).

Conforme os dados mais recentes do Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE), no ano de 2017 a região Sul foi a maior produtora de batata-doce no Brasil, com 283.385 t, seguida das regiões Nordeste (241.639 t), Sudeste (223.035 t), Centro-Oeste (23.908 t) e Norte (8.494 t), sendo que as três maiores regiões produtoras representam juntas 95,85% da produção nacional (IBGE, 2018).

A cultura é plantada em praticamente todas as regiões do Brasil, uma vez que a planta é de fácil cultivo e amplamente adaptada aos diversos climas e solos, com alta tolerância ao clima seco, e baixo custo de produção (GONÇALVES NETO *et al.*, 2011) com limitação dos tratamentos culturais, entretanto, o manejo e as adubações adequadas possibilitam que a cultura expresse seu potencial produtivo.

Essa abrangência dos seus cultivos está relacionada ainda, à sua diversidade de usos e possibilidade de aproveitamento de toda a planta. A batata-doce pode ser destinada a alimentação humana e animal, além de servir como matéria-prima nas indústrias de alimentos, tecidos, cosméticos, papel, preparação de adesivos e álcool combustível (GONÇALVES NETO *et al.*, 2011).

Apesar desta importância, no Brasil, o investimento na cultura é baixo, devido ao perfil de cultivo familiar, a maioria dos produtores rurais cultiva a batata-doce com baixo nível tecnológico, o que ocasiona a redução da produtividade e, conseqüentemente, da lucratividade (FERREIRA, RESENDE, 2019; SILVA; LOPES; MAGALHÃES, 2008). Conforme esses autores, isso ocorre devido aos produtores conduzirem o cultivo como uma

cultura secundária, considerando que mesmo o baixo lucro é uma renda extra. Isso faz com que a produtividade média de batata-doce no Brasil seja baixa quando comparada a outros países como a China, a maior produtora e que produziu 22,38 toneladas por hectare em 2018, enquanto o Brasil produziu apenas 14,0 toneladas por hectare (FAO, 2019). Destaca-se que a cultura apresenta potenciais produtivos bem superiores a estes, que podem ser superiores à 40,0 t ha<sup>-1</sup> (SILVA *et al.*, 2015). Além disso, o baixo nível tecnológico proporciona a obtenção de raízes de baixa qualidade e com restrições para a comercialização. Entretanto, é preciso destacar que nos últimos anos tem ocorrido, ainda que incipiente, a tecnificação dos cultivos, com investimentos em adubação, irrigação e cultivares de alta performance agronômica.

## 2.2 Cultura da batata-doce: botânica e exigências edafoclimáticas

As populações com tubérculos selvagens podem ter sido domesticadas de forma independente na América do Sul e no Caribe na América Central, sendo dois reservatórios de genes (ROULLIER *et al.*, 2013). Os cultivos se estendem entre as latitudes 42° N até 35° S, e desde o nível do mar até altas altitudes de até 3000 m. A batata-doce é uma espécie da Família Convolvulaceae, que por sua vez agrupa cerca de 50 gêneros e mais de 1000 espécies (SILVA; LOPES; MAGALHÃES, 2008). Entretanto, ainda segundo estes autores, somente a batata-doce possui relevância econômica, embora a espécie *Ipomoea aquática*, comumente chamada de espinafre chinês, também seja cultivada para a alimentação humana, através de brotos e folhas, em países como a Malásia e a China.

A planta é uma dicotiledônea, com caule herbáceo e de hábito prostrado, cujas ramificações podem apresentar cor, pilosidade e tamanhos distintos. Além disso, esse caule pode ser utilizado como rama-semente para a formação da próxima lavoura a partir do enraizamento, que ocorre de forma mais rápida com a temperatura alta e ramas jovens (EDMOND; AMMERMAN, 1971).

As folhas da planta são largas, com cor e formato variável, além de apresentarem o pecíolo longo. Suas flores são hermafroditas, mas apresentam autoincompatibilidade, o que justifica ser uma planta alógama. Já os frutos são do tipo cápsula deiscente, com 2 a 4 sementes por flor, de aproximadamente 6 mm de diâmetro e cor castanho-claro. Vale mencionar que desde a fertilização da flor até a deiscência do fruto transcorrem seis semanas (EDMOND; AMMERMAN, 1971).

As raízes tuberosas são revestidas por uma pequena camada de células, de aproximadamente 2 mm, denominada de periderme ou, comumente, de casca, enquanto a parte central é denominada de polpa, sendo que possuem colorações e formatos diferentes, dependendo do genótipo, podendo ainda conter veias, rachaduras e diferentes aspectos da pele (SILVA; LOPES; MAGALHÃES, 2008).

Há dois tipos de raízes predominantes nas plantas de batata-doce, as raízes tuberosas ou raízes de reserva, e as raízes absorventes (SILVA; LOPES; MAGALHÃES, 2008). De acordo com esses autores, o primeiro tipo é facilmente identificado pela maior espessura da raiz, enquanto o segundo é responsável pela absorção de água e nutrientes do solo.

O desenvolvimento das raízes é dividido em três fases: uma fase inicial em que ocorre o crescimento das raízes adventícias, uma fase intermediária em que ocorre o início da tuberização das raízes, e a fase final caracterizada pelo acúmulo de fotoassimilados nas raízes tuberosas (QUEIROGA *et al.*, 2007). Dessa forma, o aumento da produtividade ocorre devido ao início precoce da tuberização, à alta taxa de acumulação de amido e ao longo período de acúmulo de reservas nas raízes (SOMASUNDARAM; MITHRA, 2008).

O desenvolvimento da batata-doce é favorecido em ambientes e épocas com temperatura média acima de 24 °C, e é retardado em temperaturas abaixo de 10 °C, sendo comprometido com a ocorrência de geadas. Os autores relatam que a pluviosidade média necessária para a cultura é de 750 a 1000 mm por ano, sendo 500 mm exigidos na fase inicial de crescimento. Os solos ideais são os arenosos, pois possibilitam uma boa drenagem, ausência de alumínio tóxico, alta fertilidade natural e facilitam o crescimento lateral das raízes, evitando deformações e exigindo menos esforço físico no momento da colheita para o arranquio das raízes (SILVA; LOPES; MAGALHÃES, 2008).

### **2.3 Batata-doce para o consumo humano**

A batata-doce é comumente consumida cozida, frita ou assada, conforme os hábitos da região, mas também pode ser utilizada como matéria-prima na obtenção de doces, farinhas, flocos, féculas e bebidas alcoólicas (ROESLER *et al.*, 2008; SANTOS *et al.*, 2017). Essas formas de processamento melhoram a palatabilidade e a aceitabilidade pelo consumidor, porém, podem alterar a composição química e nutricional (IKANONE; OYEKAN, 2014; TANG; CAI; XU, 2015).

Neste contexto, há diversos estudos visando a melhoria da qualidade sensorial de produtos a partir do processamento da batata-doce, e assim, melhorar sua aceitabilidade.

Como exemplo, temo-se o trabalho desenvolvido por Guangyang *et al.* (2018), no qual os autores desenvolveram uma bebida resultante da mistura de batata-doce roxa com amendoim e estudaram a combinação com hidrólise enzimática e composto estabilizador, buscando melhorar o sabor e a estabilidade da bebida. Outro exemplo é o estudo de Ligarnasari, Anam e Sanjaya (2018) sobre as propriedades físicas, químicas e sensoriais de brownies substituídos por farinha de batata-doce, com adição de óleo de cominho preto (*Nigella sativa* L.).

Na indústria, o processamento comercial de produtos a partir da batata-doce depende do mercado e da localização. Como exemplo, na China cerca de 15% a 20% da produção de batata-doce em algumas províncias é transformada em amido que, por sua vez, é usado como matéria-prima para produzir xaropes de glicose, macarrão e ácidos orgânicos, ou utilizados na indústria têxtil (AKOETEY; BRITAIN; MORAWICKI, 2017). Ainda segundo esses autores, outros métodos de processamento incluem a fabricação de batatas-doces fritas e na forma de farinha para incorporação em outros produtos alimentares.

O processamento de batata-doce pode ocorrer a partir da remoção das ramas após a colheita das raízes, e também das raízes que não atendem aos requisitos de classificação de tamanho para o segmento *in natura* ou que foram danificadas devido às técnicas de colheita. Assim, os autores relatam que durante essa fase, além dos subprodutos gerados, podem ser extraídas águas residuais ricas em nutrientes. Esse subproduto apresenta potencial para uso na fertirrigação dos solos. Já no caso das ramas de batata-doce, os carotenoides e polifenóis ainda podem ser recuperados e usados como antioxidantes e corantes, respectivamente (AKOETEY; BRITAIN; MORAWICKI, 2017).

O uso de antioxidantes sintéticos está diminuindo, pois podem causar problemas à saúde, como danos ao fígado (DWIYANTI; SISWANINGSIH; FEBRIANTI, 2018). Dessa forma, a grande necessidade de pigmentos naturais e saudáveis na indústria alimentícia está revelando uma atenção para a exploração de antocianinas de plantas comestíveis (CASTAÑEDA-OVANDO *et al.*, 2009), o que pode ser um amplo mercado para a batata-doce, que apresenta diferentes colorações de polpas e cascas. Além disso, o pigmento da batata-doce roxa confere uma maior estabilidade em comparação com outras fontes, como a antocianina em repolho roxo, bagas de sabugueiro, mirtilo e milho vermelho (DWIYANTI; SISWANINGSIH; FEBRIANTI, 2018).

A região andina, mais especificamente no Peru, oferece grande diversidade de culturas com alto potencial para fontes de corantes, incluindo uma batata-doce de polpa roxa e um milho roxo, que têm uma longa história de uso folclórico. Todavia, estes autores destacam que a batata-doce roxa tem a maioria de suas antocianinas aciladas, ao contrário do milho roxo.

Ambas as culturas apresentam baixos teores de açúcares, possibilitando a concentração de extratos aquosos altamente pigmentados e com baixos teores de sólidos solúveis (CEVALLOS-CASALS; CISNEROS-ZEVALLOS, 2004).

Os enlatados e os congelados são outras formas importantes de processamento que ocorrem em países com uma robusta infraestrutura de processamento de alimentos, como o Estados Unidos (AKOETHEY; BRITAIN; MORAWICKI, 2017), sendo este, um mercado potencial para o processamento da batata-doce.

Outra forma de utilização da cultura para a alimentação humana é por meio das folhas de batata-doce, que têm apresentado um interesse crescente devido ao seu alto valor nutricional (SUÁREZ *et al.*, 2020). As folhas podem ser consumidas de diferentes formas, como vegetal, chá, macarrão, pão e em confeitaria (ISLAM, 2014). Para isso, o corte das ramas (caule e folhas) deve ser feito preferencialmente nos primeiros 10 cm, por conter folhas novas e macias. Ainda segundo Islam (2014), essas folhas crescem abundantemente, o que propicia vários cortes até que as raízes sejam colhidas. Entretanto, a retirada de folhas e ramas deve ser realizada de forma criteriosa, pois segundo estudo desenvolvido por Santos *et al.* (2019), a desfolha em determinados períodos podem comprometer a produtividade e qualidade de raízes.

## 2.4 Composição nutricional da batata-doce

A diversidade de cores da batata-doce é influenciada pela composição radicular, ou seja, pela presença ou ausência de substâncias específicas, como  $\beta$ -caroteno, antocianinas, compostos fenólicos, fibras alimentares, ácido ascórbico e alguns minerais (LAURIE *et al.*, 2012).

O  $\beta$ -caroteno é o principal precursor da provitamina A, encontrado nas raízes de batata-doce de coloração creme, amarela e laranja (BURRI, 2011). No Brasil, predomina o consumo de batata-doce de polpa creme, embora a coloração laranja possua maior teor de  $\beta$ -caroteno (BURRI, 2011; SANTOS *et al.*, 2017). Nessas colorações, o nível de minerais também são mais altos, destacando-se o ferro, o potássio, o cálcio e o magnésio (AYWA; NAWIRI; NYAMBAKA, 2013; SANOUSI *et al.*, 2016). Entretanto, há diferenças significativas entre o conteúdo dos minerais nos diferentes genótipos existentes, mesmo quando as cores são semelhantes (IKANONE; OYEKAN, 2014; SINGH; KAUR, 2016). Isso ocorre devido aos fatores intrínsecos dos genótipos, como o pH, a atividade da água, as interações entre os nutrientes e a presença de antinutrientes (fitatos, taninos e oxalatos), além

dos fatores extrínsecos, como o tipo de cultivo (convencional ou orgânico), a localização, a matéria orgânica do solo, as condições climáticas, o sistema de irrigação, o estágio de desenvolvimento, o tipo de armazenamento pós-colheita e as técnicas de processamento (GHARIBZAHEDI; JAFARI, 2017; SINGH; KAUR, 2016; SUÁREZ *et al.*, 2016).

A batata-doce também possui componentes do complexo de vitamina B, sendo eles a tiamina, riboflavina e niacina. Além disso, as raízes apresenta alto teor de água (59,1-77,7%), baixo teor de proteína (2,0-2,9%) e baixo teor de gordura (0,3-0,8%) (ANTONIO *et al.*, 2011). Na alimentação animal, as raízes são utilizadas essencialmente como fonte de energia (GONÇALVES NETO *et al.*, 2011).

As raízes de batata-doce são fontes de minerais, fornecendo as seguintes quantidades em 100 g: 30 mg de cálcio, 49 mg de fósforo, 273 mg de potássio, 24 mg de magnésio, 26 mg de enxofre e 13 mg de sódio (ANTONIO *et al.*, 2011). Esses minerais atuam em processos metabólicos corporais e desempenham funções fisiológicas exclusivas na regulação e catalisação de mecanismos celulares e moleculares importantes (BAILEY; WEST JUNIOR; BLACK, 2015).

A raiz fresca apresenta entre 16% e 40% de matéria seca, por sua vez, a matéria seca contém de 80% a 90% de carboidratos, dos quais 60% a 70% são de amido (BOUWKAMP, 1985; WOOLFE, 1992). No entanto, a proporção de amido para outros carboidratos, como açúcares, varia conforme a cultivar, a maturidade e o tempo de armazenamento (WOOLFE, 1992). Vale destacar, que o teor elevado de carboidratos da batata-doce a estabeleceu como um alimento básico de alta densidade energética em muitos países (SUN *et al.*, 2014).

Embora a batata-doce possua amido, os compostos fenólicos disponíveis na raiz tuberosa contribuem para inibir a atividade das enzimas  $\alpha$ -amilase e  $\alpha$ -glicosidase, ocasionando um efeito hipoglicêmico, que ajuda a estabilizar os níveis de açúcar no sangue e reduzir a resistência a insulina (KAUSHIK *et al.*, 2010; KUNYANGA *et al.*, 2012).

O açúcar da batata-doce é um componente que contribui para a sua qualidade alimentar. Entretanto, embora esse alimento seja nomeado doce, há uma grande variabilidade de doçura entre as cultivares, mesmo considerando a mesma concentração (LEWTHWAITE; SUTTON; TRIGGS, 1997). De acordo com esses autores, isso ocorre em virtude dos diferentes açúcares: a sacarose, a glicose e a frutose, que estão presentes na batata-doce crua, e a maltose, que é produzida apenas durante o cozimento.

A batata-doce contém quantidades pequenas de açúcares simples, também chamados de açúcares redutores, sendo os monossacarídeos, assim, o alimento fornece principalmente carboidratos complexos, os polissacarídeos (BRUICE, 2014; SINGH; KAUR, 2016). É

importante mencionar que o açúcar simples pode afetar a aparência do produto, de forma que altos níveis de açúcares em produtos fritos podem ocasionar o escurecimento excessivo, o que não é desejável (LEWTHWAITE; SUTTON; TRIGGS, 1997). Assim, deve-se compreender que a quantidade e o teor de açúcar das raízes dependem da variedade, dos fatores endógenos às plantas, da atividade da amilase e das condições ambientais (SULISTIANI; SIREGAR; HARAHA, 2018).

Um subproduto importante da produção de batata-doce são as ramas, que tem potencial de serem usadas para o consumo humano após o cozimento em virtude de suas características: proteínas; vitaminas, em especial do complexo B; minerais, como o ferro, o cálcio e o zinco; e compostos bioativos, como o  $\beta$ -caroteno e os polifenóis (AKOETEY; BRITAIN; MORAWICKI, 2017; ISLAM, 2006).

As ramas de batata-doce também podem ser utilizadas para a alimentação animal, pois apresentam altos teores de açúcares, vitaminas, proteína bruta, nutrientes digestivos totais e digestibilidade (PEDROSA *et al.*, 2015). Há estudos que demonstram a viabilidade na alimentação de diferentes animais, tais como bovino de leite (VEIGA *et al.*, 2009), suíno (LY *et al.*, 2010), ovino (MELESSE; CHALEW; NURFETA, 2020) e ave de corte (JIWUBA *et al.*, 2016). As ramas podem ser fornecidas ao animal na forma *in natura*, seca (feno) ou preservada (silagem) (ANDRADE JÚNIOR *et al.*, 2014; ANDRADE JÚNIOR *et al.*, 2020; PEDROSA *et al.*, 2015).

As ramas são uma fonte de alimento aos animais com custo muito menor quando comparado aos cereais, levando em consideração o valor das raízes (APATA; BABALOLA, 2012). Phuc (2000) demonstrou alto teor de proteínas (16 a 23%) e baixa fibra (26%). Entretanto, Lam (2016) relatou que as ramas de batata-doce estão disponíveis apenas uma ou duas vezes por ano, durante cada ciclo da cultura, além de serem altamente perecíveis em virtude do alto teor de umidade de até 86,7%. Por essa razão, a ensilagem e a fenação são métodos bem reconhecidos e estabelecidos para preservação de alimentos, podendo ser aplicados às ramas de batata-doce (DONATO *et al.*, 2020; GAKIGE *et al.*, 2020).

## **2.5 Batata-doce como alimento funcional**

Os alimentos e as bebidas podem ter duas funções aos consumidores para atender as necessidades nutricionais e para manter a saúde e a aptidão corporal, melhorando a função fisiológica ou eliminando os efeitos negativos de certas doenças. Considerando o último caso, esses alimentos e bebidas são denominados funcionais, pois possuem substâncias naturais,

chamadas de compostos bioativos, que funcionam como antioxidantes (CHANG *et al.*, 2002). Os principais antioxidantes em raízes de batata-doce são os ácidos fenólicos, as antocianinas e os carotenoides (JHA, 2010). Estes compostos reagem com os radicais livres e reduzem a sua capacidade de causar danos às células, protegendo o corpo contra as doenças cardíacas, o câncer, o diabetes, a catarata, dentre outras (DWIYANTI; SISWANINGSIH; FEBRIANTI, 2018).

A batata-doce é considerada um alimento promissor para atender especialmente pessoas com necessidades alimentares especiais como crianças, mulheres em idade fértil e gestantes. A cultura também pode ser utilizada na erradicação de carências de vitaminas, além de ser muito utilizada em dietas nutricionais e esportivas de alto nível, dada sua elevada composição nutricional (KEHOE *et al.*, 2015). Dentre as consequências da deficiência de vitaminas e minerais está a limitação do crescimento e desenvolvimento de crianças. Na Tanzânia, foi verificado que essas deficiências geram um custo econômico de aproximadamente 2,65% do produto interno bruto do País (LOW *et al.*, 2015; SCALING UP NUTRITION, 2012).

Entre as principais deficiências nutricionais, destaca-se a de vitamina A, que acomete especialmente os grupos populacionais submetidos a precárias condições de vida. Como consequência dessas deficiências, ocorrem infecções que estimulam a perda endógena de vitamina A e a desnutrição energética proteica, que afeta a síntese da proteína de enlace de retinol (*Retinol Binding Protein*) diminuindo assim, a disponibilidade de retinol – através do retinol é possível quantificar o grau de vitamina A em humanos por um teste bioquímico (RIBEIRO-SILVA; NUNES; ASSIS, 2014). Segundo os mesmos autores, outros fatores ligados à condição de morbidade também contribuem para a redução dos níveis de retinol sérico.

A importância do adequado nível de vitamina A é incontestável, uma vez que ela possui papel fisiológico muito diversificado (LOW *et al.*, 2015). Esta vitamina atua no funcionamento do processo visual, na integridade do tecido epitelial, no sistema imunológico e em outras funções metabólicas, sendo que sua deficiência comumente é exemplificada pelos casos de xerofthalmia, mas conhecida como cegueira noturna, e a morte prematura (LOW *et al.*, 2015; RIBEIRO-SILVA; NUNES; ASSIS, 2014).

Em 1997, foi criada a Iniciativa Global de Vitamina A, onde os parceiros comprometeram erradicar a deficiência dessa vitamina, que é considerada uma preocupação de saúde pública. Uma das abordagens foi a ingestão de alimentos ricos nessa vitamina (LOW *et al.*, 2015). Dessa forma, nos últimos 13 anos foram realizadas pesquisas sobre a batata-doce

de polpa alaranjada em países como Moçambique, Uganda e África do Sul, as quais apontaram que a introdução desse alimento como ferramenta para o combate de deficiência de vitamina A é eficiente para crianças (FABER; LAURIE, 2010; HOTZ *et al.*, 2012; LOW *et al.*, 2007).

Vale destacar que há dois tipos de vitamina A nos alimentos. Há a própria vitamina A, encontrada em alimentos de origem animal como o ovo, e a provitamina A, encontrada em produtos de origem vegetal de colorações verde-escuro, amarelos e alaranjados (MCLAREN; FRIGG, 2001). Conforme esses autores, dentre as fontes vegetais, o  $\beta$ -caroteno é o principal carotenoide da provitamina A e sua biodisponibilidade é variável.

A batata-doce de polpa alaranjada tem boa quantidade de  $\beta$ -caroteno, com uma retenção durante o cozimento ou processamento de 70% a 92% (VAN JAARVELD *et al.*, 2006). Um dado importante é que apenas 100 a 125 gramas de batata-doce cozida dessa coloração atende as necessidades diárias de ingestão de vitamina A, de crianças com idade abaixo de 5 anos (LOW *et al.*, 2009). Outro dado desse trabalho mostra a significativa quantidade de energia que é representada por 76 kcal por 100 gramas de batata-doce.

Os resultados referentes aos benefícios do consumo da batata-doce de polpa alaranjada para o homem estão sendo considerados pouco documentados, considerando sua relevância, visto que é a primeira cultura biofortificada para o plantio na África Subsaariana (GIRARD *et al.*, 2012). Todavia, nessa região há consideráveis investimentos para reforçar esses estudos, visando melhorar as recomendações sobre como maximizar o consumo de batata-doce de polpa alaranjada e seu benefício à saúde (ISLAM, 2006). Dessa forma, a identificação de genótipos ricos em carotenoides é importante para a melhoria da saúde dos consumidores (SOLANKEY; SINGH; SINGH, 2015).

Além do  $\beta$ -caroteno, há outros compostos bioativos benéficos à saúde humana e que estão presentes na batata-doce, como as antocianinas, que são pigmentos naturais pertencentes à família dos flavonoides e responsáveis por uma ampla gama de cores em frutas, legumes e flores (KANO *et al.*, 2005). Existem mais de quinhentas antocianinas na natureza, sendo as mais comuns nas plantas: cianidina, pelargonidina, peonidina, delphinidina, petunidina e malvidina (SUN *et al.*, 2018).

O pigmento roxo, que indica a presença de antocianina nos vegetais, é um antioxidante que reage com os radicais livres nas células do corpo para reduzir danos às células, e que pode ter diversas atividades biológicas, incluindo atividades anticancerígenas, antidiabéticas, antiinflamatórias, antibacterianas e hepatoprotetoras (KANO *et al.*, 2005; KONG *et al.*, 2003).

As concentrações de antocianina em batata-doce roxa variam entre 108,1 a 502,6 mg por 100 g de matéria seca, dependendo dos fatores genéticos e do cultivo (ZHU *et al.*, 2010). Como exemplo, a cultivar de batata-doce roxa ‘Ayamurasaki’, possui elevado conteúdo de antocianina, com valor de 519 mg por 100 g de matéria fresca (KANO *et al.*, 2005).

Além das raízes de batata-doce, é importante destacar as folhas, que segundo Islam (2014) também contêm altas concentrações de polifenólicos quando comparadas aos principais vegetais comercializados, a exemplo, brócolis, alface e couve. Com isso, a folha de batata-doce é um alimento fisiologicamente funcional que atua na proteção contra doenças relacionadas à oxidação, como câncer, alergias, envelhecimento, HIV e problemas cardiovasculares (ISLAM, 2014).

## 2.6 Melhoramento genético da batata-doce

O cultivo da batata-doce ocorre em diversas regiões no Brasil e, por isso, apresenta grande diversidade genética associada às introduções de plantas provenientes de diversos centros de origem e de diversidade, combinada à sua eficiente reprodução sexuada e assexuada (SILVA; PONIJALEKI; SUINAGA, 2012). Essa diversidade de genótipos favorece a obtenção de novas cultivares por meio do melhoramento genético (CAVALCANTE; FERREIRA; SOARES, 2012).

A batata-doce é uma planta alógama e seu mecanismo de autoincompatibilidade conduz à polinização cruzada e, conseqüentemente, a um alto grau de heterozigose (OLIVEIRA *et al.*, 2002). Por isso, os acessos das coleções de batata-doce do Brasil possuem ampla variabilidade morfológica (NEIVA *et al.*, 2011). A polinização é normalmente realizada por insetos e a autofecundação possui baixa frequência (OLIVEIRA *et al.*, 2002). Por essa razão, as sementes botânicas constituem uma grande fonte de combinações genéticas, sendo interessante para iniciar um programa de melhoramento, que, posteriormente, envolverá várias etapas de policruzamentos e seleção recorrente (GRÜNEBERG *et al.*, 2009). Assim, conforme o mesmo autor, uma única semente apresenta potencial para dar origem a um genótipo.

A batata-doce é hexaploide ( $2n=6x=90$ ), sendo a única espécie do gênero *Ipomoea* com essa ploidia (KING; BAMFORD, 1937; RITSCHER *et al.*, 1999), assim, é considerada alopoliploide com segregação diploide (SILVA, 2019). Esse nível de ploidia revela o motivo da alta variabilidade genética da espécie, tornando possível a ampla utilização para

alimentação humana, animal e produção de etanol (RITSCHER *et al.*, 1999; TORQUATO-TAVARES *et al.*, 2016).

A fim de utilizar a variabilidade genética a favor do melhoramento genético, ou seja, na seleção de genótipos superiores, é indispensável informações sobre o germoplasma em estudo, assim como as suas potencialidades genéticas e dos parâmetros genéticos intrínsecos às características que serão melhoradas (OLIVEIRA *et al.*, 2000). Dessa forma, se faz necessário o estudo da herdabilidade das características. Vale destacar, que para a batata-doce, a herdabilidade no sentido amplo é importante em virtude dos efeitos de dominância e epistasia serem mantidos pela propagação vegetativa (GONÇALVES NETO *et al.* 2012).

A caracterização agrônômica fornece informações para o programa de melhoramento genético da batata-doce, de forma a recomendar o modo de cultivo comercial e determinar o uso dos acessos (CAMARGO, 2013). Para isso, dentre as características, deve-se considerar aspectos que atendam as demandas do mercado consumidor e do agricultor, a exemplo, a alta produtividade total e comercial, a boa adaptabilidade e estabilidade dos acessos, a inexistência de defeitos na casca, a resistência as pragas e doenças, e o aumento do teor de massa seca (BEVILAQUA *et al.*, 2019; CAMARGO, 2013; FABRI, 2009; SANTANA, 2013). Além dessas características, outras devem ser consideradas visto que prejudicam a comercialização, como o formato e a presença de dobras, que são afetadas pela estrutura do solo e pela presença de torrões, pedras e camadas compactadas do solo, justificando-se a preferência por solos arenosos (SILVA; LOPES; MAGALHÃES, 2008).

Neste contexto, a avaliação de um maior número de introduções de batata-doce nos diversos estados produtores, e em diferentes tipos de solo, é fundamental, com o objetivo de selecionar genótipos mais produtivos e com boas características para o comércio *in natura* e para indústria de alimentos (NUNES *et al.*, 2012).

Os estudos visando o melhoramento genético da batata-doce possuem diversos propósitos, como a resistência as pragas e doenças (AZEVEDO *et al.*, 2002); a melhoria da qualidade nutricional (ANDRADE JÚNIOR *et al.*, 2012; AZEVEDO *et al.*, 2014); o aumento da densidade de raízes (CARDOSO *et al.*, 2007); o aumento no teor de matéria seca e produção de biomassa (AZEVEDO *et al.*, 2014; GONÇALVES NETO *et al.*, 2012); a seleção de clones para a produção de etanol (GONÇALVES NETO *et al.*, 2011); o aumento da produtividade de raízes para a alimentação humana (CARDOSO *et al.*, 2005); o aumento na produtividade de ramas para alimentação animal (ANDRADE JÚNIOR *et al.*, 2012; DONATO *et al.*, 2020; VIANA *et al.*, 2011); e seleção de clones para as diferentes aptidões,

sendo a animal, humana e para a produção de etanol (GONÇALVES NETO *et al.*, 2011; SILVA, 2019).

Além dos estudos realizados no Brasil, atualmente há vários países envolvidos no melhoramento da cultura da batata-doce. Como exemplo, em um trabalho na Eslováquia, foram determinados os carotenoides totais, vitamina C e sólidos solúveis totais em raízes de coloração laranja, branca e roxa (ŠLOSÁR *et al.*, 2019); na Indonésia, estudou-se a diversidade genética e fenotípica, herdabilidade e correlação entre características, como o peso da raiz, número de raiz, comprimento da raiz e peso das ramas, em 30 genótipos de batata-doce (DEWI *et al.*, 2019); e na Uganda, estudou-se diferentes genótipos quanto a produtividade, doçura das raízes ao cozimento, tolerância à seca, resistência ao gorgulho, rendimento contínuo de raízes para a colheita sequencial, dentre outras características, através do melhoramento participativo de agricultores (GIBSON; MPEMBE; MWANGA, 2011).

## 2.7 Seleção de genótipos via modelos mistos

Nos estudos de melhoramento genético, as inferências dos genótipos devem ser baseadas nos verdadeiros valores genotípicos e não nos valores fenotípicos (BORGES *et al.*, 2010). Isso porque, conforme esse autor, as médias genotípicas se referem às médias futuras, ou seja, quando as cultivares forem plantadas em cultivos após a seleção.

É importante esclarecer que para a seleção de indivíduos superiores para testes de clonagem, necessita-se adotar um processo de seleção que considere os efeitos gênicos não aditivos, ou seja, que classifique os indivíduos por mérito genotípico e não genético (RESENDE, HIGA, 1994). Dessa forma, com a seleção baseada nos indivíduos, favorece a concentração de alelos favoráveis visando o melhoramento populacional.

A predição dos valores genotípicos necessita de componentes de variância conhecidos ou estimados com precisão (RESENDE, 2004). Assim, o procedimento mais adequado para predição desses valores é o BLUP (*Best Linear Unbiased Prediction*) desenvolvido na década de 1940, por C. R. Henderson, e o procedimento ótimo de estimação de componentes de variância é o REML (*Restricted Maximum Likelihood*) criado em 1971, por Patterson e Thompson (RESENDE, 2002; RESENDE 2004). Esses métodos estatísticos possuem maior precisão quando comparados à análise de variância, para a análise de diferentes experimentos, até aqueles com certo grau de desbalanceamento (RESENDE, 2002).

Os procedimentos BLUP e REML estão associados a um modelo linear misto, ou seja, modelo que possui efeitos fixos, além da média geral, e efeitos aleatórios, além do erro.

Segundo o mesmo autor, nos experimentos de campo, os efeitos de tratamentos e os efeitos ambientais que são possíveis de identificação (bloco e locais) podem ser fixos (todos os níveis de um determinado fator estão presentes no experimento) ou aleatórios (os níveis de um fator de uma população não estão presentes em sua totalidade). Contudo, são modelos mistos aqueles que possuem efeitos aleatórios de tratamentos e efeitos fixos de ambiente, ou aqueles com efeitos fixos de tratamentos e efeitos aleatórios de ambiente (RESENDE, 2004).

A consideração dos efeitos de tratamentos nos estudos de melhoramento genético como aleatório conduz a maior acurácia preditiva, isso porque as predições são forçadas em direção à média geral, o que não acontece no efeito fixo (RESENDE, 2004). Por essa razão, o autor destaca que as predições de efeito aleatório baseadas em pequenas amostras são penalizadas. Portanto, os efeitos genéticos devem ser considerados aleatórios, enquanto os efeitos ambientais podem ser considerados fixos ou aleatórios.

Além das vantagens mencionadas, o modelo misto REML é benéfico em relação ao uso de modelos completamente fixos, ou seja, a análise de variância, pois permite o ajuste de diferentes variâncias para cada grupo de tratamentos; resolve o problema de estimação nos casos em que há dados perdidos e; os resultados são mais apropriados para a inferência quando a estrutura dos dados é hierárquica ou em multi-níveis (RESENDE, 2004). Por outro lado, de acordo com o mesmo autor, é necessário um maior número de suposições distribucionais.

Nos casos de modelos mistos com efeitos aleatórios para tratamentos, as vantagens do BLUP para os tratamentos são a maximização da acurácia seletiva; a redução do erro de predição; a predição não viciada dos valores genéticos; a maximização do ganho genético por ciclo de seleção e; a maximização da probabilidade de selecionar o melhor entre dois ou mais genótipos (RESENDE, 2004).

Contudo, nos experimentos de comparação de materiais genéticos com dez ou mais acessos deve-se usar prioritariamente o REML/BLUP (tratamentos como efeitos aleatórios) e não os testes de comparação de médias (tratamentos como efeitos fixos) (RESENDE, 2004). Assim, algumas das vantagens do uso de REML/BLUP são: permite comparar indivíduos ou variedades através do tempo e espaço; permite simultaneamente a correção para os efeitos ambientais, estimação de componentes de variância e predição de valores genéticos; permite trabalhar com estruturas complexas de dados, como medidas repetidas, diferentes anos, locais e delineamentos; além de poder ser aplicado a dados desbalanceados e em delineamentos não ortogonais (RESENDE, 2016).

Há estudos com modelos mistos via REML/BLUP para diferentes culturas como capim elefante (MENEZES *et al.*, 2016), algodão (CARVALHO *et al.*, 2016), pupunha (RODRIGUES *et al.*, 2017), feijão (GOMES *et al.*, 2018), e algumas olerícolas como cenoura (CARVALHO, SILVA, RESENDE, 2017) e alface (CANDIDO *et al.*, 2018). Entretanto, com a cultura da batata-doce há apenas três trabalhos, sendo o estudo de Borges *et al.* (2010) que classificou e selecionou clones de batata-doce, o de Silva (2019), que selecionou clones de batata-doce para diferentes aptidões agrônômicas, e o de Otoboni *et al.* (2020) que selecionaram genótipos com alto teor de beta-caroteno.

Verifica-se então, que o procedimento REML/BLUP possibilita selecionar com maior acurácia e oferecer aos produtores de diferentes regiões cultivares de amplo aspecto genético e com boa produtividade (BORGES *et al.*, 2010).

## **2.8 Aplicação das correlações no melhoramento genético da batata-doce**

O uso de correlações fenotípicas, genotípicas e ambientais entre características possibilita o aumento das chances de sucesso do programa de melhoramento genético, assim como possibilita reduções de tempo, recurso financeiro e esforço para a avaliação de características (CAVALCANTE, FERREIRA, SOARES, 2012). Isso porque, quando duas características apresentam correlação positiva e alta indica que há necessidade de avaliar apenas a característica de mais fácil mensuração (GONÇALVES NETO *et al.*, 2012). Assim, tem-se uma seleção de forma indireta para a outra característica. Além disso, segundo os mesmos autores, altas estimativas de correlação inferem que os genes que controlam as duas características podem ser os mesmo (pleiotropia) ou que esses genes estejam ligados.

Há diferentes estudos que demonstram correlações para as principais características de mercado para a cultura da batata-doce. Para as características quantitativas, Gonçalves Neto *et al.* (2012) descreveram que na população estudada não houve correlações genéticas (0,28) ou fenotípicas (0,27) significativas pelo test t entre produtividade de raízes totais e produtividade de parte aérea, enquanto a correlação ambiental (-0,03) foi significativa à 5% pelo método de bootstrap. Da mesma forma, Azevedo *et al.* (2015) encontraram para essas características uma correlação genotípica não significativa (-0,09). Assim, devido a baixa correlação dessas características, não é possível a seleção indireta.

No estudo de Cavalcante, Ferreira e Soares (2012) avaliou-se a produtividade de raízes comerciais e produtividade de parte aérea e os autores encontraram baixa correlação genotípica (-0,008) e fenotípica (0,12), enquanto a ambiental foi alta (0,55). Azevedo *et al.*

(2015) também encontraram uma correlação genotípica não significativa (0,16) para essas características, enquanto Santos *et al.* (2013) descreveram uma correlação fenotípica significativa (0,58) em sua população. Vale mencionar que os parâmetros genéticos são dependentes da população estudada e das condições ambientais (OLIVEIRA, 2014).

Azevedo *et al.* (2015) e Andrade Júnior *et al.* (2018) relataram uma correlação positiva e significativa entre produtividade de raízes comerciais e produtividade de raízes totais, sendo 0,99 e 0,92, respectivamente. Estas estimativas são esperadas, pois as características se relacionam diretamente com a produção de raízes (ANDRADE JÚNIOR *et al.*, 2018). Neste mesmo sentido, o trabalho de Andrade Júnior *et al.* (2018) demonstra significância na correlação entre produtividade de raízes totais e produtividade de massa seca de raízes (0,91), e entre produtividade de parte aérea e produtividade de massa seca de parte aérea (0,98). Para essas correlações, é possível realizar a seleção indireta.

Em relação às características qualitativas, a maioria dos trabalhos com batata-doce relatam as correlações entre as características de descrição morfológica do banco de germoplasma, como cor da folha e do pecíolo, tamanho da folha e comprimento de raízes (MOULIN *et al.*, 2014; NEIVA *et al.*, 2011). Entretanto, a fim de atender o mercado consumidor, no programa de melhoramento é ideal a seleção sobre a característica de formato de raízes, por exemplo, em virtude de influir diretamente no produto ofertado. Neiva *et al.* (2011) encontraram uma correlação fenotípica negativa e não significativa (-0,23) entre formato de raízes e resistência a insetos do solo.

Ainda em relação à característica formato, Gonçalves Neto *et al.* (2012) demonstraram altas correlações genotípicas (0,99), fenotípicas (0,95) e ambientais (0,86) significativas entre formato geral de raízes (nota média da parcela) e formato médio de raízes (avaliou-se entre 4 e 10 raízes individualmente, tomando-se como nota da parcela a média dessas raízes avaliadas), ambas características avaliadas por escala de notas. No estudo de Azevedo *et al.* (2015), a característica formato de raízes apresentou correlação genotípica negativa e não significativa com produtividade de parte aérea (-0,01). Além disso, esses autores encontraram correlações negativas e significativas com formato e produtividade de raízes totais (-0,90) e produtividade de raízes comerciais (-0,85), entretanto, como deseja-se uma alta produtividade e uma menor nota, que se refere ao melhor formato, considera-se que houve correlação positiva. Assim, conforme esses autores, a seleção de clones com maior produtividade implica na melhoria também do formato das raízes.

## REFERÊNCIAS

- AKOETEY, W.; BRITAIN, M. M.; MORAWICKI, R. O. Potential use of byproducts from cultivation and processing of sweet potatoes. **Ciência Rural**, Santa Maria, v. 47, n. 5, p. 1-8, 2017.
- ANDRADE JÚNIOR, V. C.; VIANA, D. J. S.; PINTO, N.; 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**, Vitória da Conquista, v. 30, p. 584-589, 2012.
- ANDRADE JÚNIOR, V. C.; PEREIRA, R. C.; DORNAS, M. F. S.; RIBEIRO, K. G.; VALADARES, N. R.; SANTOS, A. A.; CASTRO, B. M. C. Produção de silagem, composição bromatológica e capacidade fermentativa de ramas de batata-doce emurchecidas. **Horticultura Brasileira**, Vitória da Conquista, v. 32, p. 91-97, 2014.
- ANDRADE JÚNIOR, V. C.; ELSAYED, A.; AZEVEDO, A.; SANTOS, E.; FERREIRA, M. Potencial Quantitativo e Qualitativo de Genótipos Batata-doce. **Scientia Agraria**, Curitiba, v. 19, n. 1, p. 28-35, 2018.
- ANDRADE JÚNIOR, V. C.; DONATO, L. M. S.; AZEVEDO, A. M.; GUIMARÃES, A. G.; BRITO, O. G.; OLIVEIRA, D. M.; MEDINA, A. J.; SILVA, L. R. Associação entre caracteres agrônômicos e qualidade do feno de ramos de batata-doce. **Horticultura Brasileira**, Vitória da Conquista, v. 38, n. 1, p. 27-32, 2020.
- ANTONIO, G. C.; TAKEITI, C. Y.; OLIVEIRA, R. A.; PARK, K. J. Sweet potato: production, morphological and physicochemical characteristics, and technological process. **Vegetable and Cereal Science and Biotechnology**, Ikenobe, Japão, v. 5, p. 1-18, 2011.
- APATA, D. F.; BABALOLA, T. O. The use of cassava, sweet potato and cocoyam, and their by-products by non-ruminants. **International Journal of Food Science and Nutrition Engineering**, Inglaterra, v. 2, p. 54-62, 2012.
- AYWA, A. K.; NAWIRI, M. P.; NYAMBAKA, H. N. Nutrient variation in colored varieties of Ipomea batatas grown in Vihiga County, Western Kenya. **International Food Research Journal**, Malásia, v. 20, n. 2, p. 819-825, 2013.
- AZEVEDO, S. M.; MALUF, W. R.; SILVEIRA, M. A.; FREITAS, J. A. Reação de clones de batata-doce aos insetos de solo. **Ciência e Agrotecnologia**, Lavras, v. 26, p. 545-549, 2002.
- AZEVEDO, A. M.; ANDRADE JÚNIOR, V. C.; VIANA, D. J.; ELSAYED, A. Y.; PEDROSA, C. E.; NEIVA, I. P.; FIGUEIREDO, J. A. Influence of harvest time and cultivation sites on the productivity and quality of sweet potato. **Horticultura Brasileira**, Vitória da Conquista, v. 32, p. 21-27, 2014.
- AZEVEDO, A. M.; ANDRADE JÚNIOR, V. C.; FERNANDES, J. S. C.; PEDROSA, C. E.; OLIVEIRA, C. M. Desempenho agrônômico e parâmetros genéticos em genótipos de batata-doce. **Horticultura Brasileira**, Vitória da Conquista, v. 33, p. 84-90, 2015.

- BAILEY, R. L.; WEST JUNIOR, K. P.; BLACK, R. E. The epidemiology of global micronutrient deficiencies. **Annals of Nutrition & Metabolism**, Suíça, v. 66, p. 22-33, 2015.
- BEVILAQUA, L. K. S.; MOTA, J. H.; RESENDE, G. M. de; YURI, J. E. Características morfológicas e produtivas de clones de batata doce. **Cad. Ciênc. Agrárias**, Montes Claros, v. 11, p. 01-07, 2019.
- BORGES, V.; FERREIRA, P. V.; SOARES, L.; SANTOS, G. M.; SANTOS, A. M. M. Seleção de clones de batata-doce pelo procedimento REML/BLUP. **Acta Scientiarum. Agronomy**, Maringá, v. 32, n. 4, p. 643-649, 2010.
- BOUWKAMP, J. C. Sweet Potato Products: A Natural Resource for the Tropics (Part II), **Library of Congress Cataloging**, Florida, p. 137-259, 1985.
- BRUICE, P. Y. **Fundamentos de química orgânica**. 2. ed. São Paulo: Pearson Universidades, 2014. 624 p.
- BURRI, B. J. Evaluating sweet potato as an intervention food to prevent vitamin A deficiency. **Comprehensive Reviews in Food Science and Food Safety**, Estados Unidos, v. 10, n. 2, p. 118-130, 2011.
- 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.
- CANDIDO, W. dos S.; SOARES, R. S.; FRANCO, C. A.; DINIZ, G. M. M.; SILVA, E. H. C.; MARIN, M. V.; BRAZ, L. T. Estabilidade e adaptabilidade em linhagens de alface-crespa por modelo misto REML/Blup. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v. 53, n. 3, p. 298-306, 2018.
- CARDOSO, A. D.; VIANA, A. E. S.; RAMOS, P. A. S.; MATSUMOTO, S. N.; AMARAL, C. L. F.; SEDIYAMA, T.; MORAIS, O. M. Avaliação de clones de batata-doce em Vitória da Conquista. **Horticultura Brasileira**, Vitória da Conquista, v. 23, p. 911-914, 2005.
- CARDOSO, A. D.; VIANA, A. E. S.; MATSUMOTO, S. N.; BONFIM NETO, H.; KHOURI, C. R.; MELO, T. L. Características físicas e sensoriais de clones de batata-doce. **Ciência e Agrotecnologia**, Lavras, v. 31, p. 1760-1765, 2007.
- CARVALHO, L. P. de; FARIAS, F. J. C.; MORELLO, C. de L.; TEODORO, P. E. Uso da metodologia REML/BLUP para seleção de genótipos de algodoeiro com maior adaptabilidade e estabilidade produtiva. **Bragantia**, Campinas, v. 75, n. 3, p. 314-321, 2016.
- CARVALHO, A. D. F.; SILVA, G. O.; RESENDE, F. V. Adaptabilidade e estabilidade de detecção de cenário pelo método REML/BLUP. **Horticultura Brasileira**, Vitória da Conquista, v. 35, n. 1, p. 69-74, 2017.
- CASTAÑEDA-OVANDO, A.; PACHECO-HERNÁNDEZ, M. D. L.; PÁEZ-HERNÁNDEZ, M. E.; RODRÍGUEZ, J. A.; GALÁN-VIDAL, C. A. Chemical studies of anthocyanins: A review. **Food Chemistry**, Holanda, v. 113, p. 859-871, 2009.

CAVALCANTE, J. T.; FERREIRA, P. V.; SOARES, L. Correlações fenotípicas, genotípicas e de ambiente em clones de batata-doce (*Ipomoea batatas* (L.) Lam.), Rio Largo – Alagoas. **Ciência Agrícola**, Rio Largo, v. 10, n. 1, p. 1-7, 2012.

CEVALLOS-CASALS, B. V. A.; CISNEROS-ZEVALLOS, L. Stability of anthocyanin-based aqueous extracts of Andean purple corn and red-fleshed sweet potato compared to synthetic and natural colorants. **Food Chemistry**, Holanda, v. 86, p. 69-77, 2004.

CHANG, C. C.; YANG, M. H.; WEN, H. M.; CHERN, J. C. Estimation of total flavonoid content in propolis by two complementary colorimetric methods. **Journal of food and drug analysis**, Taiwan, v. 10, n. 3, p. 178-182, 2002.

CRUZ, C. D.; REGAZZI, A. J.; CARNEIRO, P. C. S. **Modelos biométricos aplicados ao melhoramento genético**. 3. ed. Viçosa: UFV, 2012. 480 p.

DEWI, R.; UTOMO, S. D.; KAMAL, M.; TIMOTIWU, P. B.; NURDJANAH, S. Genetic and phenotypic diversity, heritability, and correlation between the quantitative characters on 30 sweet potato germplasms in Lampung, Indonesia. **Biodiversitas Journal of Biological Diversity**, Indonésia, v. 20, n. 2, p. 380-386, 2019.

DONATO, L. M. S.; ANDRADE JÚNIOR, 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**, Goiânia, v. 21, e-53493, 2020.

DWIYANTI, G.; SISWANINGSIH, W.; FEBRIANTI, A. Production of purple sweet potato (*Ipomoea batatas* L.) juice having high anthocyanin content and antioxidant activity. **Journal of Physics**, Reino Unido, Conference Series 1013, 9 p., 2018.

EDMOND, J. B.; AMMERMAN, G. R. **Sweet potatoes: production processing marketing**. Wesport: The Air Publishing Company, 1971. 58 p.

FABER, M.; LAURIE, S. A home-gardening approach developed in South Africa to address vitamin A deficiency. In: THOMPSON, B.; AMOROSO, L. (ed.). **Food Based Approaches (FBAs) for Combating Micronutrient Deficiencies**. Inglaterra: CABI International, 2010. Cap. 9. p. 163-182.

FABRI, E. G. **Diversidade genética entre acessos de batata-doce (*Ipomoea batatas*) avaliada através de marcadores microssatélites e descritores morfoagronômicos**. 2009. 172 p. Tese (Doutorado em Fitotecnia) - Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz, Piracicaba, SP, 2009.

FAO. Food and Agriculture Organization of the United Nations. 2019. **FAOSTAT**. Disponível em: <http://www.fao.org/faostat/en/#data/QC/visualize>. Acesso em: 07 abr. 2020.

FERREIRA, J. C.; RESENDE, G. M. 2019. **Batata-doce: cultivar adequada faz toda a diferença**. Campo e Negócios. Disponível em: <https://www.alice.cnptia.embrapa.br/bitstream/doc/1113114/1/BatatadocenoVSF2019.pdf>. Acesso em: 27 jul. 2020.

GAKIGE, J. K.; GACHURI, C.; BUTTERBACH-BAHL, K.; GOOPY J. P. Sweet potato (*Ipomoea batatas*) vine silage: a cost-effective supplement for milk production in smallholder dairy-farming systems of East Africa? **Animal Production Science**, Austrália, v. 60, p. 1087-1094, 2020.

GHARIBZAHEDI, S. M. T.; JAFARI, S. M. The importance of minerals in human nutrition: bioavailability, food fortification, processing effects and nanoencapsulation. **Trends in Food Science & Technology**, Holanda, v. 62, p. 119-132, 2017.

GIBSON, R. W.; MPEMBE, I.; MWANGA, R. O. M. Benefits of participatory plant breeding (PPB) as exemplified by the first-ever officially released PPB-bred sweet potato cultivar. **The Journal of Agricultural Science**, Reino Unido, v. 149, n. 5, p. 625-632, 2011.

GIRARD, A. W.; SELF, J. L.; MCAULIFFE, C.; OLUDE, O. The effects of household food production strategies on the health and nutrition outcomes of women and young children: a systematic review. **Paediatric and Perinatal Epidemiology**, Los Angeles, Califórnia, v. 26, p. 205-222, 2012.

GOMES, A. B. S.; OLIVEIRA, T. R. A.; CRUZ, D. P.; GRAVINA, G. A.; DAHER, R. F.; ARAÚJO, L. C.; ARAÚJO, K. C. Genetic gain via REML/BLUP and selection indices in snap bean. **Horticultura Brasileira**, Vitória da Conquista, v. 36, n. 2, p. 195-198, 2018.

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.

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.

GRÜNEBERG, W.; MWANGA, R.; ANDRADE, M.; ESPINOZA, J. Selection methods: part 5: breeding clonally propagated crops: breeding clonally propagated crops. *In*: CECCARELLI, S.; GUIMARÃES, E. P.; WELTZIEN, E. (ed.). **Plant breeding and farmer participation**. Rome: Food And Agriculture Organization Of The United Nations, 2009. Cap. 13. p. 275-322.

GUANGYANG, J.; XUEDAN, Z.; ZHANGYING, W.; ANJUN, C.; SHANSHAN, L.; XINGYAN, L.; MEILIANG, L.; GUANGHUI, S.; HEJUN, W.; ZHIQING, Z. Flavor and Stability Improvement of Purple Sweet Potato - Peanut Compound Beverage. IOP Conference Series: **Earth and Environmental Science**, Reino Unido, v. 186, n. 6, p. 33-40, 2018.

HOTZ, C.; LOECHL, C.; BRAUW, A.; EOZENOU, P.; GILLIGAN, D.; MOURSI, M.; MUNHAUA, B.; VAN JAARSVELD, P.; CARRIQUIRY, A.; MEENAKSHI, J. V. A large-scale intervention to introduce orange sweet potato in rural Mozambique increases vitamin A intakes among children and women. **British Journal of Nutrition**, Cambridge, Reino Unido, v. 108, p. 163-176, 2012.

IBGE. Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. 2018. **Sistema IBGE de Recuperação Automática**. Disponível em: <https://sidra.ibge.gov.br/tabela/5457#resultado>. Acesso em: 28 abr. 2020.

IKANONE, C. E. O.; OYEKAN, P. O. Effect of boiling and frying on the total carbohydrate, vitamin C and mineral contents of Irish (*Solanum tuberosum*) and Sweet (*Ipomea batatas*) potato tubers. **Nigerian Food Journal**, Nigéria, v. 32, n. 2, p. 33-39, 2014.

ISLAM, S. Sweetpotato (*Ipomoea batatas* L.) leaf: its potential effect on human health and nutrition. **Journal of Food Science**, Estados Unidos, v. 71, p. 13-21, 2006.

ISLAM, S. **Nutritional and Medicinal Qualities of Sweet potato Tops and Leaves**. Chicago: Cooperative Extension Service, University of Arkansas, 2014. 4 p.

JHA, S. N. Colour Measurements and Modeling. In: JHA, S. N. (Ed.). **Nondestructive Evaluation of Food Quality**. Berlin: Springer Berlin Heidelberg, 2010. Cap. 3. p.17–40.

JIWUBA, P. C.; DAUDA, E.; ONYEKWERE, M. U.; OKECHUKWU, S. O.; UBOGU, V. R. Responses of Broiler Finisher Birds Fed Diets Containing Sweet Potato (*Ipomoea batata*) Root Meal. **Asian Research Journal of Agriculture**, Índia, v. 1, n. 4, p. 1-7, 2016.

KALKMANN, D. C. **Produtividade, qualidade de raiz, resistência aos insetos de solo e aos nematóides-das-galhas, e estimativas de parâmetros genéticos em clones de batata-doce cultivados no Distrito Federal**. 2011. 144 p. Dissertação (Mestrado em Agronomia) – Universidade de Brasília, Brasília, DF, 2011.

KANO, M.; TAKAYANAGI, T.; HARADA, K.; MAKINO, K.; ISHIKAWA, F. Antioxidative activity of anthocyanins from purple sweet potato, *Ipomoea batatas* cultivar Ayamurasaki. **Bioscience, biotechnology and biochemistry**, Reino Unido, v. 69, p. 979-988, 2005.

KAUSHIK, G.; SATYA, S.; KHANDELWAL, R. K.; NAIK, S. N. Commonly consumed Indian plant food materials in the management of diabetes mellitus. **Diabetes & Metabolic Syndrome: Clinical Research & Reviews**, Holanda, v. 4, p. 21-40, 2010.

KEHOE, S. H.; CHOPRA, H.; SAHARIAH, S. A.; BHAT, D.; MUNSHI, R. P.; PANCHAL, F.; YOUNG, S.; BROWN, N.; TARWANDE, D.; GANDHI, M. Effects of a food-based intervention on markers of micronutrient status among Indian women of low socio-economic status. **British Journal of Nutrition**, Cambridge, Reino Unido, v. 113, p. 813-821, 2015.

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.

KONG, J. M.; CHIA, L. S.; GOH, N. K.; CHIA, T. F.; BROUILLARD, R. Analysis and biological activities of anthocyanins. **Phytochemistry**, Holanda, v. 64, p. 923-933, 2003.

KUNYANGA, C. N.; IMUNGI, J. K.; OKOTH, M. W.; BIESALSKI, H. K.; VADIVEL, V. Total phenolic content, antioxidant and antidiabetic properties of methanolic extract of raw and traditionally processed Kenyan indigenous food ingredients. **LWT - Food Science and Technology**, Estados Unidos, v. 45, n. 2, p. 269-276, 2012.

- LAM, V. Agricultural potential of sweet potato (*Ipomoea batatas* L. (Lam)) for forage production. **Livestock Research for Rural Development**, Colômbia, v. 28, n. 6, 101, 2016.
- LAURIE, S. M.; VAN JAARSVELD, P. J.; FABER, M.; PHILPOTT, M. F.; LABUSCHAGNE, M. T. Trans- $\beta$ -carotene, selected mineral content and potential nutritional contribution of 12 sweetpotato varieties. **Journal of Food Composition and Analysis**, Estados Unidos, v. 27, n. 2, p. 151-159, 2012.
- LEWTHWAITE, S. L.; SUTTON, K. H.; TRIGGS, C. M. Free sugar composition of sweetpotato cultivars after storage. **New Zealand Journal of Crop and Horticultural Science**, Nova Zelândia, v. 25, n. 1, p. 33-41, 1997.
- LIGARNASARI, I. P.; ANAM, C.; SANJAYA, A. P. Physical, chemical and sensory properties of brownies substituted with sweet potato flour (*Ipomoea batatas* L.) with addition of black cumin oil (*Nigella sativa* L.). IOP Conference Series. **Earth and Environmental Science**, Reino Unido, v. 102, p. 65-72, 2018.
- LOW, J. W.; ARIMOND, M.; OSMAN, N.; CUNGUARA, B.; ZANO, F.; TSCHIRLEY, D. A food-based approach introducing orange-fleshed sweet potatoes increased vitamin A intake and serum retinol concentrations in young children in rural Mozambique. **The Journal of nutrition**, Estados Unidos, v. 137, p. 1320-1327, 2007.
- LOW, J.; LYNAM, J.; LEMAGA, B.; CRISSMAN, C.; BARKER, I.; THIELE, G.; NAMANDA, S.; WHEATLEY, C.; ANDRADE, M. Sweetpotato in Sub-Saharan Africa. **Springer Netherlands**, Dordrecht, p. 359-390, 2009.
- LOW, J.; BALL, A.; VAN JAARSVELD, P.; NAMUTEBI, A.; FABER, M.; GRANT, F. Assessing nutritional value and changing behaviours regarding orange-fleshed sweetpotato use in sub-Saharan Africa. In: LOW, J.; NYONGESA, M.; QUINN, S.; PARKER, M. (Ed.). **Potato and sweetpotato in Africa. Transforming the value chains for food and nutrition security**. Inglaterra: CABI International, 2015. Cap. 55. p. 551-579.
- LY, N. T. H.; NGOAN, L. D.; VERSTEGEN, M. W. A.; HENDRIKS, W. H. Ensiled and dry cassava leaves, and sweet potato vines as a protein source in diets for growing vietnamese large white  $\times$  mongcai pigs. **Asian-Australasian Journal of Animal Sciences**, Coreia, v. 23, p. 1205-1212, 2010.
- MCLAREN, D. S.; FRIGG, M. **Sight and Life guidebook on vitamin A in health and disease**. 2 ed. Suíça: Task Force Sight and Life, 2001. 40 p.
- MELESSE, A.; CHALEW, N.; NURFETA, A. Effect of Sweet Potato Leaf Supplementation on Growth and Nutrient Digestibility in Sheep. **Scientia Agriculturae Bohemica**, República Tcheca, v. 51, n. 2, p. 51-57, 2020.
- MENEZES, B. R. da S.; DAHER, R. F.; GRAVINA, G. de A.; SILVA, V. B.; RODRIGUES, E. V.; OLIVEIRA, M. L. F.; TARDIN, F. D.; PONCIANO, N. J.; ARAÚJO, M. do S. B. de; ROCHA, A. dos S. Seleção de genótipos de capim-elefante (*Pennisetum purpureum*) utilizando a metodologia REML/BLUP. **Rev. de Ciências Agrárias**, Lisboa, v. 39, n. 3, p. 360-365, 2016.

- MOULIN, M. M.; BENTO, C. S.; SANTOS JÚNIOR, A. C.; RODRIGUES, R. Caracterização de acessos de batata-doce baseado em características morfológicas. **Perspectivas Online: Ciências Biológicas e da Saúde**, Campos dos Goytacazes, v. 13, n. 4, p. 23-36, 2014.
- NEIVA, I. P.; ANDRADE JÚNIOR, V. C.; VIANA, D. J. S.; FIGUEIREDO, J. A.; MENDONÇA FILHO, C. V.; PARRELLA, R. A. C.; SANTOS, J. B. Caracterização morfológica de acessos de batata-doce do banco de germoplasma da UFVJM, Diamantina. **Horticultura Brasileira**, Vitória da Conquista, v. 29, n. 4, p. 537-541, 2011.
- NUNES, M. U. C.; JESUS, A. F.; LIMA, I. S.; SANTOS, L. S.; CRUZ, D. P. Produtividade de genótipos de batata-doce com diferentes colorações de raízes em cultivo orgânico. **Horticultura Brasileira**, Vitória da Conquista, v. 30, p. 5542-5548, 2012.
- 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, A. C. B.; SEDIYAMA, M. A. N.; SEDIYAMA, T.; FINGER, F. L.; CRUZ, C. D. Variabilidade genética em batata-doce com base em marcadores isoenzimáticos. **Horticultura Brasileira**, Vitória da Conquista, v. 20, n. 4, p. 576-582, 2002.
- OLIVEIRA, D. G. **Seleção simultânea para produção, biofortificação e culinária em populações segregantes de feijão-caupi**. 2014. 72 p. Dissertação (Mestrado em Genética e Melhoramento) - Universidade Federal do Piauí, Teresina, PI, 2014.
- 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.
- PEDROSA, C. E.; ANDRADE JÚNIOR, V. C.; PEREIRA, R. C.; DORNAS, M. F.; AZEVEDO, A. M.; FERREIRA, M. A. Yield and quality of wilted sweet potato vines and its silages. **Horticultura Brasileira**, Vitória da Conquista, v. 33, p. 283-289, 2015.
- PHUC, B. H. N. **Tropical forages for growing pigs: digestion and nutritive value**. Suécia: Swedish University of Agricultural Sciences, 2000. 235 p.
- 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**, Vitória da Conquista, v. 25, p. 371-374, 2007.
- RESENDE, M. D. V.; HIGA, A. R. **Estimação de valores genéticos no melhoramento de *Eucalyptus*: seleção em um caráter com base em informações do indivíduo e de seus parentes**. Colombo: Embrapa Florestas, 1994. n. 28/29. 24 p. (Boletim de Pesquisa Florestal).
- RESENDE, M. D. V. **Software Selegen-REML/BLUP**. Colombo: Embrapa Florestas, 2002. 67 p. (Documentos, 77).

RESENDE, M. D. V. **Métodos estatísticos ótimos na análise de experimentos de campo**. Colombo: Embrapa Florestas, 2004. 57 p. (Documentos, 100).

RESENDE, M. D. V. Software Selegen-REML/BLUP: uma ferramenta útil para o melhoramento de plantas. **Crop Breed. Appl. Biotechnol.**, Viçosa, v. 16, n. 4, p. 330-339, 2016.

RIBEIRO-SILVA, R. D. C.; NUNES, I. L.; ASSIS, A. M. O. Prevalência e fatores associados à deficiência de vitamina A em crianças e adolescentes. **Jornal de Pediatria**, Rio de Janeiro, v. 90, p. 486-492, 2014.

RITSCHER, P. S.; LOPES, C. A.; HUAMÁN, Z.; FERREIRA, M. E.; FRANCA, F. J.; MENÊZES, J. E.; TEIXEIRA, D. M. C.; TORRES, A. C.; CHARCHAR, J. M.; THOMAZELLI, L. Organização do banco ativo de germoplasma de batata-doce: situação atual e perspectivas. In: QUEIROZ, M. A.; GOEDERT, C. O.; RAMOS, S. R. R. (Ed.). **Recursos genéticos e melhoramento de plantas para o Nordeste brasileiro**. Petrolina: Embrapa Semiárido, 1999. Cap. 3. p. 416-426.

RODRIGUES, H. S.; CRUZ, C. D.; MACÊDO, J. L. V. de; RESENDE, M. D. V. de; LOPES, R.; BORÉM, A. Variabilidade genética e seleção de progênies de pupunheira via modelos mistos (REML/BLUP). **Acta Sci. Agron.**, Maringá, v. 39, n. 2, p. 165-173, 2017.

ROESLER, P. V. S. D. O.; GOMES, S. D.; MORO, E.; BARBOSA KUMMER, A. C.; CEREDA, M. P. Produção e qualidade de raiz tuberosa de cultivares de batata-doce no oeste do Paraná. **Acta Scientiarum. Agronomy**, Maringá, v. 30, p. 117-122, 2008.

ROULLIER, C.; DUPUTIÉ, A.; WENNEKES, P.; BENOIT, L.; FERNÁNDEZ BRINGAS, V. M.; ROSSEL, G.; TAY, D.; MCKEY, D.; LEBOT, V. Correction: Disentangling the Origins of Cultivated Sweet Potato (*Ipomoea batatas* (L.) Lam.). **Plos One**, São Francisco, Califórnia, v. 3, n. 10, 2013.

SANOUSI, A. F.; ADJATIN, A.; DANSI, A.; ADEBOWALE, A.; SANI, L. O.; SANI, A. Mineral composition of ten elites sweet potato (*Ipomoea batatas* [L.] Lam.) landraces of Benin. **International Journal of Current Microbiology and Applied Sciences**, Índia, v. 5, n. 1, p. 103-115, 2016.

SANTANA, W. R. **Obtenção de genótipos de batata-doce (*Ipomoea batatas* (L.) Lam.) por cruzamentos biparentais visando a produção de etanol**. 2013. 69 p. Dissertação (Mestrado em Agroenergia) - Universidade Federal do Tocantins, Palmas, TO, 2013.

SANTOS, A. M. M.; OLIVEIRA, T. R. A.; COSTA, K. D. S.; LIMAS, T. L. A.; RAMOS, C. L.; SILVA, J. W.; CARVALHO FILHO, J. L. S. Seleção de genótipos de batata-doce por meio de correlações fenotípicas. In: JORNADA DE ENSINO, PESQUISA E EXTENSÃO, 13., Recife. **Anais...** Recife: UFRPE, 2013. p. 1-3.

SANTOS, A. M.; LIMA, J. S.; SANTOS, I. F.; SILVA, E. F.; SANTANA, F. A.; ARAUJO, D. G.; SANTOS, L. O. Mineral and centesimal composition evaluation of conventional and organic cultivars sweet potato (*Ipomoea batatas* (L.) Lam) using chemometric tools. **Food chemistry**, Holanda, v. 273, p. 166-171, 2017.

SANTOS, A. A.; ANDRADE JÚNIOR, V. C.; FIALHO, C. M. T.; AZEVEDO, A. M.; BRITO, O. G.; VIANA, A. J. S.; GUIMARÃES, A. G. Effect of debranching on sweet potato yield and quality. **Australian Journal of Crop Science**, Austrália, v. 13, n. 10, p. 1712-1722, 2019.

SCALING UP NUTRITION. **Tanzania: 2.7% of GDP Lost Due to Micronutrient Deficiencies**, 2012. Disponível em: <https://scalingupnutrition.org/news/tanzania-2-7-of-gdp-lost-due-to-micronutrient-deficiencies/#.uanao0bmiso>. Acesso em: 07 abr. 2020.

SILVA, J. B. C.; LOPES, C. A.; MAGALHÃES, J. S. **Cultura da batata-doce**. Brasília: Embrapa Hortaliças, ISSN 1678-880X Versão Eletrônica, Jun. 2008. (Sistemas de Produção 6). Disponível em: [https://sistemasdeproducao.cnptia.embrapa.br/FontesHTML/Batata-doce/Batata-doce\\_Ipomoea\\_batatas/introducao.html](https://sistemasdeproducao.cnptia.embrapa.br/FontesHTML/Batata-doce/Batata-doce_Ipomoea_batatas/introducao.html). Acesso em: 05 abr. 2020.

SILVA, G. O.; PONIJALEKI, R.; SUINAGA, F. A. Divergência genética entre acessos de batata-doce utilizando caracteres fenotípicos de raiz. **Horticultura Brasileira**, Vitória da Conquista, v. 30, p. 595-599, 2012.

SILVA, G. O. da; SUINAGA, F. A.; PONIJALEKI, R.; AMARO, G. B. Desempenho de cultivares de batata-doce para caracteres relacionados com o rendimento de raiz. **Rev. Ceres**, Viçosa, v. 62, n. 4, p. 379-383, 2015.

SILVA, J. C. de O. **Seleção de clones de batata-doce para diferentes aptidões agrônômicas**. 2019. 86 p. Dissertação (Mestrado em Agronomia/Fitotecnia) - Universidade Federal de Lavras, Lavras, MG, 2019.

SINGH, J.; KAUR, L. **Advances in potato chemistry and technology**. 2 ed. Palmerston North: Academic Press, 2016. 752 p.

ŠLOSÁR, M.; HEGEDUSOVÁ, A.; HEGEDUS, O.; MEZEYOVÁ, I.; FARKAŠ, J.; GOLIAN, M. The evaluation of selected qualitative parameters of sweet potato (*Ipomoea batatas* L.) in dependence on its cultivar. **Potravinárstvo Slovak Journal of Food Sciences**, Eslováquia, v. 13, n. 1, p. 131-137, 2019.

SOLANKEY, S. S.; SINGH, P. K.; SINGH, R. K. Genetic Diversity and Interrelationship of Qualitative and Quantitative Traits in Sweet Potato. **International Journal of Vegetable Science**, Estados Unidos, v. 21, p. 236-248, 2015.

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

SUÁREZ, M. H.; HERNÁNDEZ, A. I. M.; GALDÓN, B. R.; RODRÍGUEZ, L. H.; CABRERA, C. E. M.; MESA, D. R.; RODRÍGUEZ-RODRÍGUEZ, E. M.; ROMERO, C. D. Application of multidimensional scaling technique to differentiate sweet potato (*Ipomoea batatas* (L.) Lam) cultivars according to their chemical composition. **Journal of Food Composition and Analysis**, Estados Unidos, v. 46, p. 43-49, 2016.

SUÁREZ, S.; MU, T.; SUN, H.; AÑÓN, M. C. Antioxidant activity, nutritional, and phenolic composition of sweet potato leaves as affected by harvesting period. **International Journal of Food Properties**, Estados Unidos, v. 23, p. 178-188, 2020.

- SULISTIANI, R.; SIREGAR, L.; HARAHAP, F. Differences in morphology and sugar content of purple sweet potato (*Ipomoea batatas* L.) with potassium treatment at several altitudes. IOP Conference Series: **Earth and Environmental Science**, Reino Unido, v. 122, p. 2-7, 2018.
- SUN, H.; MU, T.; XI, L.; ZHANG, M.; CHEN, J. Sweet potato (*Ipomoea batatas* L.) leaves as nutritional and functional foods. **Food chemistry**, Holanda, v. 156, p. 380-389, 2014.
- SUN, H.; ZHANG, P.; ZHU, Y.; LOU, Q.; HE, S. Antioxidant and prebiotic activity of five peonidin-based anthocyanins extracted from purple sweet potato (*Ipomoea batatas* (L.) Lam.). **Scientific Reports**, Reino Unido, v. 8, p. 1-9, 2018.
- TANG, Y.; CAI, W.; XU, B. Profiles of phenolics, carotenoids and antioxidative capacities of thermal processed white, yellow, orange and purple sweet potatoes grown in Guilin, China. **Food Science and Human Wellness**, China, v. 4, n. 3, p. 123-132, 2015.
- 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.
- VAN JAARSVELD, P. J.; MARAIS, D. W.; HARMSE, E.; NESTEL, P.; RODRIGUEZ-AMAYA, D. B. Retention of  $\beta$ -carotene in boiled, mashed orange-fleshed sweet potato. **Journal of Food Composition and Analysis**, Estados Unidos, v. 19, p. 321-329, 2006.
- VEIGA, I. R. F. M.; GONÇALVES, L. C.; LOBATO, F. C. L.; FARIA JUNIOR, G. T. **Batata-doce na alimentação de gado de leite**. Belo Horizonte: FEPMVZ, 2009. 568 p.
- VIANA, D. J. S.; ANDRADE JÚNIOR, V. C.; RIBEIRO, G. K.; PINTO NAVD; NEIVA, I. P.; FIGUEIREDO, J. A.; LEMOS, V. T.; PEDROSA, C. E.; AZEVEDO, A. M. Potencial de silagens de ramas de batata-doce para alimentação animal. **Ciência Rural**, Santa Maria, v. 41, p. 1466-1471, 2011.
- VILELA, M. S. **Estimativas de parâmetros genéticos para caracteres de cenoura em sistemas de cultivo agroecológico**. 2008. 68 p. Dissertação (Mestrado em Ciências Agrárias) – Universidade de Brasília, Brasília, DF, 2008.
- WOOLFE, J. A. 1992. **Sweet potato: an untapped food resource**. New York: Cambridge University Press. 660 p.
- ZHU, F.; CAI, Y.Z.; YANG, X.; KE, J.; CORKE, H. Anthocyanins hydroxyl cinnamic acid derivatives, and antioxidant activity in roots of different Chinese purple-fleshed sweetpotato genotypes. **Journal of Agricultural and food Chemistry**, Estados Unidos, v. 58, p. 7588-7596, 2010.

**SEGUNDA PARTE – ARTIGO\***

## ARTIGO 1 SELEÇÃO DE GENÓTIPOS SUPERIORES DE BATATA-DOCE PARA A ALIMENTAÇÃO HUMANA VIA MODELOS MISTOS

### RESUMO

A crescente demanda dos consumidores pelas raízes de batata-doce resulta na necessidade de genótipos com maiores produtividades e com melhor qualidade de raízes. Assim, objetivou-se com este estudo, avaliar agronomicamente genótipos de batata-doce, por meio de modelos mistos, visando a seleção de genótipos superiores para alimentação humana, bem como prever ganhos com a seleção e avaliar as correlações genotípicas entre caracteres. O trabalho foi implantado em abril de 2019, no Centro de Desenvolvimento e Transferência de Tecnologia (CDTT-UFLA), em delineamento derivado de um látice triplo parcialmente balanceado, com três repetições. Como tratamentos foram avaliados 92 genótipos de batata-doce selecionados no primeiro ciclo de seleção, além de oito testemunhas, sendo elas as cultivares comerciais Brazlândia Roxa, Princesa, Uruguaiana, BRS Amélia e Beauregard, e os genótipos pré-avaliados UFVJM-57, UFVJM-58 e UFVJM-61. Os tratamentos foram ranqueados pelo modelo linear misto via REML/BLUP, destacando-se os 15 melhores genótipos em cada característica agrônômica e, posteriormente, os melhores de forma conjunta, considerando as características quantitativas e qualitativas. Altas herdabilidades foram encontradas para as características de produtividade de parte aérea (65,89%), produtividade de raízes totais (93,74%), produtividade de raízes comerciais (70,54%), produtividade de massa seca de raízes totais (74,51%) e produtividade de massa seca de parte aérea (52,46%). Para todas as características há ganhos de seleção em relação à média da população. Os genótipos 2018-19-464, 2018-36-807, 2018-72-1409, 2018-19-443, 2018-72-1376, 2018-54-1137, 2018-72-1432, 2018-72-1428, 2018-72-1418, 2018-19-455, 2018-54-1114 e 2018-65-1249, são indicados para a seleção por possuírem boas características ligadas à produtividade e à qualidade de raízes. Já os genótipos 2018-28-556 e o 2018-31-666 são recomendados para a seleção, pois apresentaram além de boas características de produtividade e de qualidade de raízes, boa produtividade de parte aérea e produtividade de massa seca de parte aérea. Dentre as características quantitativas, as principais correlações genéticas são observadas entre características interdependentes, destacando-se a associação entre a produtividade de parte aérea e a produtividade de massa seca de parte aérea. Já o padrão comercial é uma forma eficiente de avaliar a produtividade e a qualidade de raízes, pois correlaciona-se positivamente com formato geral e a produtividade de raízes comerciais.

Palavras-chave: *Ipomoea batatas* L. Produtividade de raízes. Qualidade de raízes. REML/BLUP.

### ABSTRACT

The growing consumer demand for sweet potato roots results in the need for genotypes with higher yields and better root quality. Thus, the aim of this study was to agronomically evaluate sweet potato genotypes, using mixed models, aiming at the selection of superior genotypes for human consumption, as well as predicting gains with selection and evaluating the genotypic correlations between characters. The work was implemented in April 2019 at the Center for Development and Technology Transfer (CDTT-UFLA) in a design

derived from a partially balanced triple lattice, with 3 repetitions. As treatments were evaluated 92 sweet potato genotypes selected in the first selection cycle, in addition to 8 controls, being the commercial cultivars Brazlândia Roxa, Princesa, Uruguaiana, BRS Amélia and Beauregard, and the pre-evaluated genotypes UFVJM-57, UFVJM -58 and UFVJM-61. The treatments were ranked by the mixed linear model via REML/BLUP, highlighting the 15 best genotypes in each agronomic trait, and subsequently the best ones together, considering the quantitative and qualitative characteristics. It was found that the design used in the work was efficient for the genetic improvement of sweet potatoes. High heritabilities were found for the characteristics of part area productivity (65.89%), total root productivity (93.74%), commercial root productivity (70.54%), total dry mass productivity (74.51%) and shoot dry matter productivity (52.46%). For all characteristics, there are selection gains in relation to the population average. The genotypes 2018-19-464, 2018-36-807, 2018-72-1409, 2018-19-443, 2018-72-1376, 2018-54-1137, 2018-72-1432, 2018-72-1428, 2018-72-1418, 2018-19-455, 2018-54-1114 and 2018-65-1249 are indicated for the selection because they have good characteristics linked to the productivity and the quality of roots. The genotypes 2018-28-556 and 2018-31-666 are recommended for selection because they presented in addition to good productivity and root quality characteristics, good shoot productivity and shoot dry matter productivity. Among the quantitative characteristics, the main genetic correlations are observed between interdependent characteristics, highlighting the association between aerial part productivity and aerial part dry mass productivity. The commercial standard, on the other hand, is an efficient way of evaluating the productivity and quality of roots, since it correlates positively with the general format and the productivity of commercial roots.

Keywords: *Ipomoea batatas* L. Root yield. Root quality. REML/BLUP.

## 1 INTRODUÇÃO

A batata-doce (*Ipomoea batatas* (L.) Lam) é uma cultura de importância econômica e social no Brasil, bastante difundida e cultivada, principalmente por pequenos agricultores, especialmente para sua subsistência (AZEVEDO *et al.*, 2014; CAMARGO, 2013). Além disso, nos últimos anos, a demanda por batata-doce tem aumentado de forma significativa, que pode ser observada pelo aumento da produção mundial (FAO, 2019). Esse aumento do consumo está relacionado principalmente à busca por hábitos alimentares mais saudáveis. Isso tem mudado o perfil dos produtores, os quais têm tecnificado cada vez mais seus cultivos, a partir da introdução de tecnologias como adubação, irrigação e, principalmente, cultivares de alto desempenho, de forma a atender essa demanda.

Para o desenvolvimento de cultivares com maior potencial agrônomo e qualidade de raízes, o constante melhoramento genético da cultura é fundamental. A base para o aprimoramento do melhoramento genético é a presença de variabilidade genética, que permite a obtenção de ganhos significativos com a seleção de genótipos superiores. A batata-doce é

uma espécie hexaplóide ( $2n = 6x = 90$ ), alógama, autoincompatível e apresenta alelismo múltiplo (DONATO *et al.*, 2020; ISOBE; RAMALHO *et al.*, 2012b; SHIRASAWA; HIRAKAWA, 2019), o que confere uma grande diversidade genética na espécie. Assim, cada semente apresenta potencial para dar origem a um genótipo comercial (GRÜNEBERG *et al.*, 2009).

Diante disso, o melhoramento genético da batata-doce geralmente é iniciado com o policruzamento, a fim de recombinar genótipos em bancos de germoplasmas (KALKMANN, 2011), gerando-se novos acessos a partir das sementes obtidas. Por isso, é de suma importância a avaliação agronômica desses genótipos, de forma que seja possível selecionar os melhores indivíduos para os caracteres de interesse e, assim, aumentar a concentração de alelos favoráveis nos genótipos segregantes obtidos nos diferentes ciclos de seleção recorrente (KALKMANN, 2011). Além disso, esta avaliação permite ainda, identificar genótipos com diferentes aptidões de uso, como para a alimentação humana e animal e produção de etanol (RITSCHER *et al.*, 1999; TORQUATO-TAVARES *et al.*, 2016). Dentre estas aptidões, o uso para a alimentação humana tem sido o principal objetivo das pesquisas de melhoramento, tendo pouco estudos para as demais aptidões.

Para a alimentação humana é importante que além das características de produtividades, ofereça boas características qualitativas, como formato e resistência a insetos (GONÇALVES NETO *et al.*, 2012). Além disso, os compostos bioativos contidos nessa olerícola, como carotenoides e antocianinas, têm despertado o interesse do consumidor (TANAKA *et al.*, 2017). Esses componentes bioativos podem ser identificados pelas diferentes colorações, como creme, amarelo, laranja, rosa e roxo. Todavia, ainda há poucos estudos que visem a seleção de genótipos para as características quantitativas e qualitativas, bem como avaliação e caracterização de diferentes grupos de coloração.

Um problema na seleção de materiais no programa de melhoramento é como prever os valores genéticos dos acessos (BORGES *et al.*, 2010). Essa predição é importante para inferir as médias futuras quando as cultivares forem plantadas comercialmente (BORGES *et al.*, 2010). Dessa forma, a acurácia da seleção dos genótipos é melhor quando comparada à análise de variância, que apresenta algumas limitações, como, por exemplo, a imprecisão sob a presença de desbalanceamento experimental (RESENDE, 2016). Para isso, há métodos potenciais por meio do modelo misto, sendo o uso das estimativas REML e BLUP, as mais indicadas (BORGES *et al.*, 2010; SILVA, 2019). Apesar de sua eficiência na seleção de genótipos, são raros os trabalhos que tem explorado a técnica na cultura da batata-doce. O uso simultâneo desses métodos revela vantagens como permitir comparar indivíduos ou

variedades através do tempo e do espaço, e permitir simultaneamente a correção para os efeitos ambientais, estimação de componentes de variância e predição de valores genéticos (RESENDE, 2016).

Além dessas estimativas genéticas, as correlações entre as características quantitativas e qualitativas são importantes, pois possibilitam a seleção indireta de características de difícil mensuração por meio da seleção da característica associada (AZEVEDO *et al.*, 2015; GONÇALVES NETO *et al.*, 2012), ou seja, permitem verificar os efeitos positivos ou negativos da seleção de uma característica sobre outra(s).

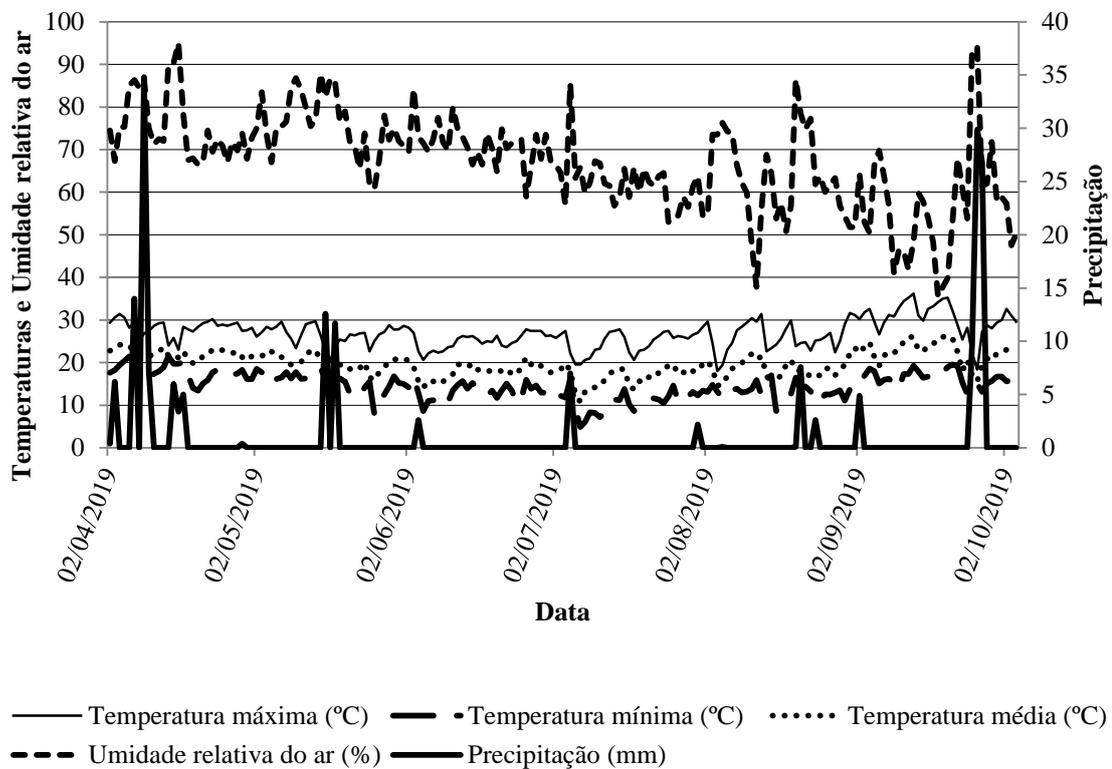
Dessa forma, objetivou-se com este estudo, avaliar agronomicamente genótipos meios-irmãos de batata-doce, por meio de modelos mistos, visando a seleção de genótipos superiores para a alimentação humana, bem como predizer ganhos com a seleção e avaliar as correlações genotípicas entre caracteres.

## **2 MATERIAL E MÉTODOS**

O experimento foi instalado no Centro de Desenvolvimento e Transferência de Tecnologia (CDTT) da Universidade Federal de Lavras (UFLA), localizado na Fazenda Palmital, no município de Ijaci, Minas Gerais (altitude: 918 m; latitude: 21°14'16" S; longitude: 45°08'00" W), no período de 02 de abril a 04 de outubro de 2019.

A classificação climática da região é do tipo Cwa, com inverno seco e chuvas predominantes no verão (KÖPPEN, 1936). A precipitação total média anual da região é de 1530 mm e temperatura média anual de 19,4 °C (BRASIL, 1992; DANTAS; CARVALHO; FERREIRA, 2007). Em virtude da ausência de estação climatológica no CDTT, os dados apresentados na Figura 1 foram obtidos da Estação Climatológica Principal de Lavras (altitude: 918 m; latitude: 21°14' S; longitude: 45°00' W), localizada no Câmpus da UFLA, a 18 km do CDTT, pertencente à rede de observações meteorológicas de superfície do Instituto Nacional de Meteorologia (INMET) mediante convênio entre essas instituições.

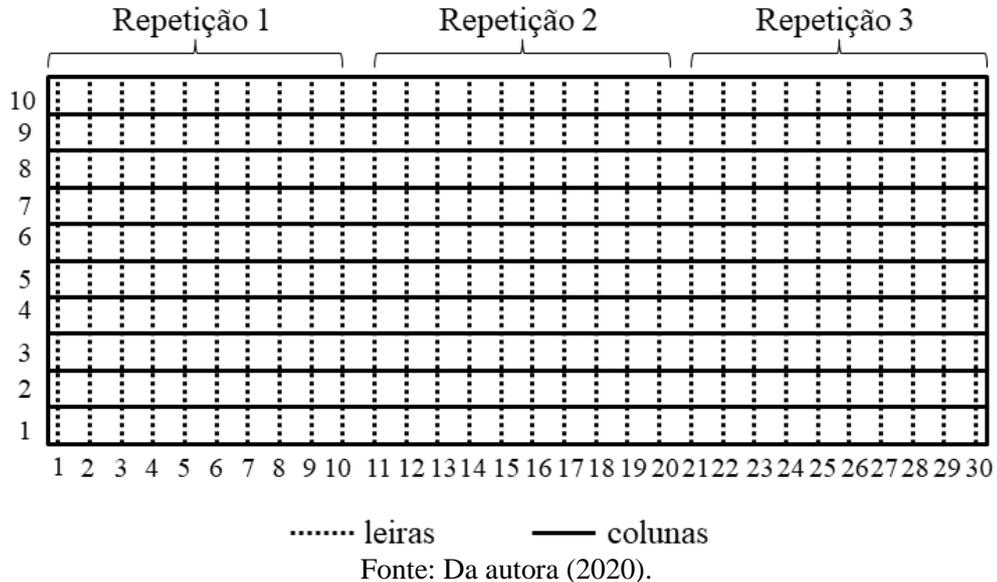
Figura 1 - Temperaturas médias, máximas e mínimas, umidade relativa do ar e precipitação no período de 02 de abril de 2019 a 04 de outubro de 2019. Estação Climatológica Principal de Lavras, Minas Gerais, 2020.



Fonte: Da autora (2020).

O delineamento experimental utilizado foi derivado de um látice triplo parcialmente balanceado, com 100 tratamentos em cada uma das 3 repetições, permitindo maior controle local (FIGURA 2). Restringiu-se o parentesco entre parcelas próximas na aleatorização de leiras e colunas segundo recomendação de Bueno Filho e Gilmour (2003). Os tratamentos foram compostos por 92 genótipos de batata-doce, que foram obtidos do policruzamento entre 55 genótipos do banco de germoplasma da UFLA. Além destes, avaliou-se oito testemunhas, sendo cinco cultivares comerciais, a Brazlândia Roxa, a Princesa, a Uruguaiana, a BRS Amélia e a Beauregard, e três genótipos pré-avaliados da Universidade Federal dos Vales do Jequitinhonha e Mucuri (UFVJM), o UFVJM-57, o UFVJM-58 e o UFVJM-61, sendo que os dois últimos genótipos apresentaram resultados satisfatórios para a dupla (animal e etanol) e tripla aptidão (humana, animal e etanol), respectivamente, no experimento de Silva (2020).

Figura 2 - Esquema do delineamento experimental derivado de um látice triplo parcialmente balanceado. UFLA, Lavras, MG, 2020.



O preparo do solo foi realizado com aração e gradagem, sendo, posteriormente, confeccionados camalhões de 0,35 m de altura. Cada parcela do experimento foi constituída por 10 plantas, no espaçamento de 1,00 m entre leiras e 0,30 m entre plantas. A área útil das parcelas foi composta pelas oito plantas centrais.

A condução nutricional foi feita com base na recomendação para a cultura da batata-doce (RIBEIRO; GUIMARÃES; ALVAREZ, 1999).

O plantio foi realizado no dia 2 de abril de 2019, a partir de segmentos de ramas de batata-doce coletados no banco de germoplasma da UFLA. Cada segmento de rama apresentou o tamanho aproximado de 30 cm, com seis a oito gemas, sendo que três destas gemas foram enterradas ao solo para enraizamento. Após 15 dias do plantio, foi realizada uma conferência e replantio das plantas nas parcelas, de forma a garantir a presença das dez plantas por parcela. Os tratos culturais como capinas, adubação de cobertura e manejo fitossanitário foram realizados manualmente e conforme a necessidade da cultura. A irrigação foi realizada por gotejamento baseada na exigência da cultura e no balanço hídrico.

A colheita foi realizada aos 180 dias após o plantio, com início em 23 de setembro e término no dia 04 de outubro. Logo após a colheita, na área útil de cada parcela foram avaliadas as seguintes variáveis agrônômicas para os 100 tratamentos.

a) produtividade de raízes totais: obtida pela pesagem de todas as raízes, e os resultados convertidos para  $t\ ha^{-1}$ ;

b) produtividade de raízes comerciais: obtida selecionando as raízes tuberosas que possuíam peso entre 100 e 800 g, livre de danos e com bom aspecto comercial em cada

parcela, com resultados convertidos para  $t\ ha^{-1}$ , baseado na metodologia de Azevedo *et al.* (2014);

c) massa seca de raízes: foi coletada uma amostra de 200 g das raízes e, posteriormente, trituradas e secas em estufa a 65 °C, até que atingisse massa constante, conforme Gonçalves Neto *et al.* (2011). Ao final, foi calculada a massa seca em porcentagem através da fórmula: massa seca de raízes (%) = [peso seco da amostra (g) / peso úmido da amostra (g)] x 100;

d) produtividade de massa seca de raízes totais: produto obtido da multiplicação da produtividade de raízes totais pela porcentagem de massa seca de raízes, sendo os resultados convertidos para  $t\ ha^{-1}$ ;

e) produtividade de massa seca de raízes comerciais: produto obtido da multiplicação da produtividade de raízes comerciais pela porcentagem de massa seca de raízes, sendo os resultados convertidos para  $t\ ha^{-1}$ ;

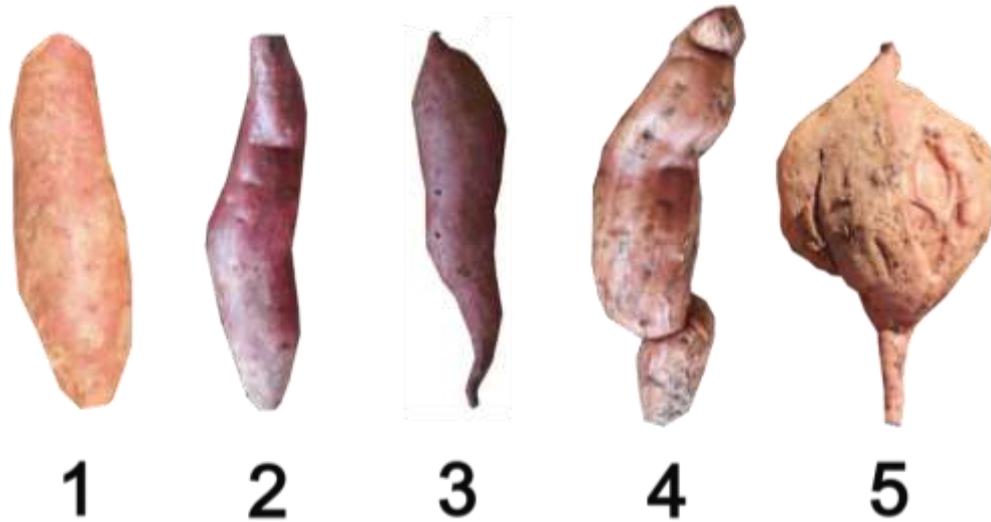
f) produtividade de parte aérea: a massa verde da parte aérea foi cortada ao nível do solo e, em seguida, pesada em balança, sendo os resultados convertidos para  $t\ ha^{-1}$ ;

g) massa seca de parte aérea: foi coletada uma amostra de 200 g da parte aérea e, posteriormente, trituradas e secas em estufa a 65 °C, até que atingisse massa constante, conforme Gonçalves Neto *et al.* (2011). Ao final, foi calculada a massa seca em porcentagem através da fórmula: massa seca de parte aérea (%) = [peso seco da amostra (g) / peso úmido da amostra (g)] x 100.

h) produtividade de massa seca de parte aérea: produto obtido da multiplicação da produtividade de parte aérea pela porcentagem de massa seca de parte aérea, sendo os resultados expressos em  $t\ ha^{-1}$ ;

i) formato geral: foi analisada visualmente as raízes e, em seguida, atribuídas notas por dois avaliadores, conforme metodologia proposta por Azevedo *et al.* (2002) com adaptação: 1 = formato fusiforme; 2 = formato próximo ao fusiforme; 3 = formato desuniforme; 4 = formato ruim ao comércio, com rachaduras; 5 = formato sem comercialização, com muitas deformações, conforme o exemplo da Figura 3. A nota 1 é considerada desejável;

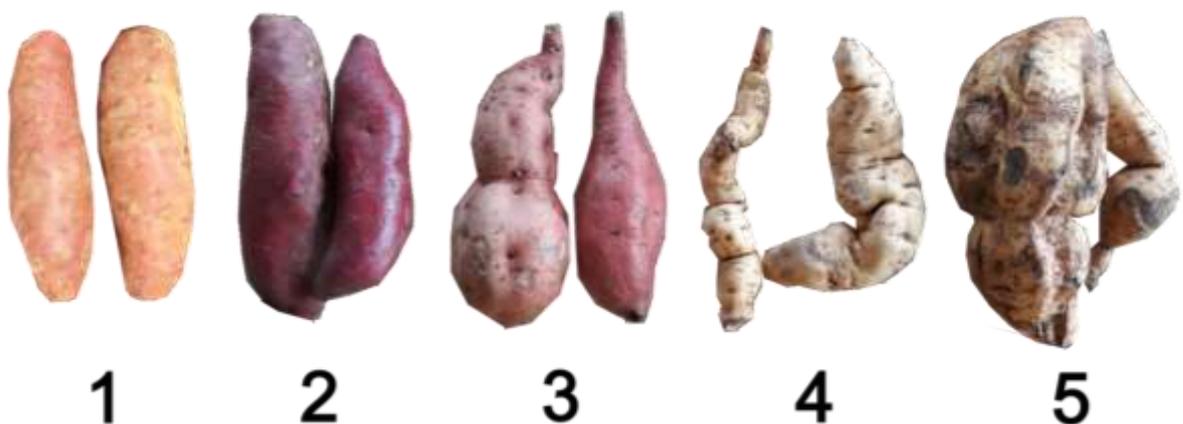
Figura 3 - Escala de notas para a avaliação de formato geral das raízes. UFLA, Lavras, MG, 2020.



Fonte: Da autora (2020).

j) padrão comercial: foram analisadas visualmente as raízes na parcela e, em seguida, atribuídas notas por dois avaliadores, conforme metodologia proposta por Silva (2019) com adaptação: 1 = melhor padrão comercial; 2 = bom padrão comercial; 3 = padrão que prejudica medianamente a comercialização; 4 = padrão que prejudica muito a comercialização; 5 = pior padrão comercial, conforme o exemplo da Figura 4. A nota 1 é considerada desejável;

Figura 4 - Escala de notas para a avaliação de padrão comercial das raízes. UFLA, Lavras, MG, 2020.



Fonte: Da autora (2020).

k) resistência a insetos: dois avaliadores mensuraram a ocorrência de galerias e/ou furos nas raízes por meio da escala de notas estabelecida por Azevedo *et al.* (2002): 1 = livre de danos; 2 = poucos danos; 3 = danos que afetam medianamente o aspecto comercial; 4 = danos

que afetam muito o aspecto comercial; 5 = danos que afetam totalmente o aspecto comercial, conforme o exemplo da Figura 5. A nota 1 é considerada desejável;

Figura 5 - Escala de notas para a avaliação de resistência a insetos de solo. UFLA, Lavras, MG, 2020.



Fonte: Da autora (2020).

l) agrupamento de raízes: após a abertura da leira, as raízes foram expostas sem que ocorresse o desprendimento das raízes, e assim foi avaliado o agrupamento por dois avaliadores por meio da escala de notas proposta por Huamán (1999): 3 = fechado; 5 = aberto; 7 = disperso; 9 = muito disperso, conforme Figura 6. As notas 3 e 5 são consideradas mais desejáveis devido a facilidade para realizar a colheita;

Figura 6 - Escala de notas para a avaliação de agrupamento de raízes. UFLA, Lavras, MG, 2020.

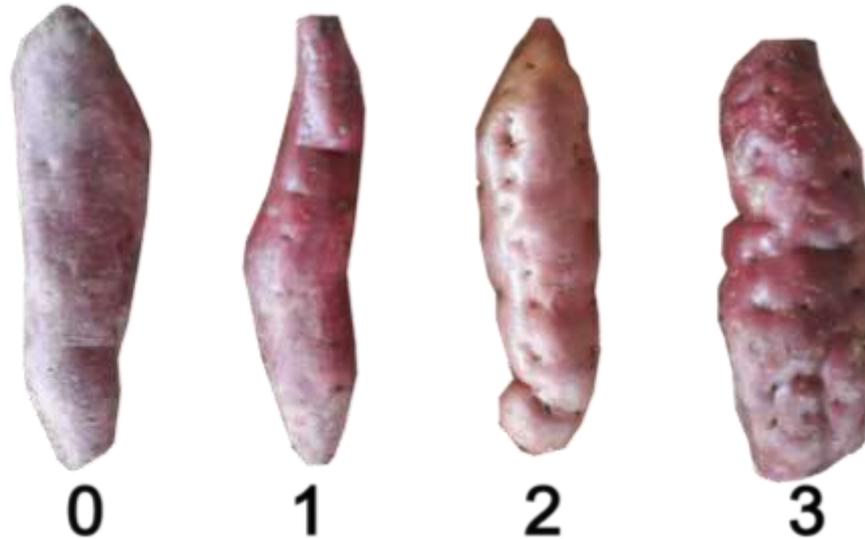


Fonte: Da autora (2020).

m) olho: as raízes da área útil de cada parcela foram visivelmente observadas, e, em seguida, atribuídas notas por dois avaliadores, sendo: 0 = ausência de olhos; 1 = poucos olhos;

2 = presença mediana de olhos; 3 = muitos olhos, conforme o exemplo da Figura 7. A nota 0 é considerada desejável;

Figura 7 - Escala de notas para a avaliação de olhos nas raízes. UFLA, Lavras, MG, 2020.



Fonte: Da autora (2020).

n) veia: as raízes foram visivelmente observadas e, em seguida, atribuídas notas por dois avaliadores, sendo: 0 = ausência de veias; 1 = presença de veias, conforme o exemplo da Figura 8. A nota 0 é considerada desejável;

Figura 8 - Escala de notas para a avaliação de veias nas raízes. UFLA, Lavras, MG, 2020.



Fonte: Da autora (2020).

o) escurecimento enzimático: duas raízes de cada parcela foram cortadas e após 1 minuto foram analisadas por dois avaliadores, conforme metodologia proposta por Gonçalves Neto *et*

al. (2011): 1 = sem escurecimento; 2 = pouco escurecimento; 3 = médio escurecimento; 4 = muito escurecimento; 5 = escurecimento completo, conforme o exemplo da Figura 9. A nota 1 é considerada desejável;

Figura 9 - Escala de notas para a avaliação de escurecimento enzimático nas raízes. UFLA, Lavras, MG, 2020.



Fonte: Da autora (2020).

p) lenticela: as raízes foram visivelmente observadas e, em seguida, atribuídas notas por dois avaliadores, sendo: 0 = ausência de lenticelas; 1 = poucas e pequenas; 2 = presença mediana; 3 = muitas lenticelas, conforme o exemplo da Figura 10. A nota 0 é considerada desejável;

Figura 10 - Escala de notas para a avaliação de lenticelas nas raízes. UFLA, Lavras, MG, 2020.



Fonte: Da autora (2020).

q) cor da casca das raízes: dois avaliadores definiram visualmente a coloração de acordo com as notas propostas por Huamán (1999) com adaptações, sendo 1 = branca; 2 = creme; 3 =

amarela; 4 = laranja acastanhada; 5 = rosa; 6 = vermelha púrpura; 7 = roxa escura, conforme o exemplo da Figura 11.

Figura 11 - Escala de notas para a avaliação de cor da casca das raízes. UFLA, Lavras, MG, 2020.



Fonte: Da autora (2020).

r) cor da polpa das raízes: dois avaliadores definiram visualmente a coloração predominante e a coloração secundária (menor proporção), quando presente, de acordo com as notas propostas por Huamán (1999) com adaptações, sendo 1 = branca; 2 = creme; 3 = amarela; 4 = laranja; 5 = roxa, conforme o exemplo da Figura 12.

Figura 12 - Escala de notas para a avaliação de cor da polpa das raízes. UFLA, Lavras, MG, 2020.



Fonte: Da autora (2020).

Para as características avaliadas por escalas de notas foram verificadas a correlação das notas entre os dois avaliadores e seu intervalo de confiança pelo método de Pearson. Foi realizada a adaptação das escalas de notas de forma a estabelecer a melhor descrição dos genótipos.

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: produtividade de raízes totais ( $\lambda=0,61$ ), produtividade de raízes comerciais

( $\lambda=0,41$ ), porcentagem de massa seca de raízes ( $\lambda=-0,55$ ), produtividade de massa seca de raízes totais ( $\lambda=0,61$ ), produtividade de massa seca de raízes comerciais ( $\lambda=0,39$ ), produtividade da parte aérea ( $\lambda=0,18$ ), porcentagem de massa seca de parte aérea ( $\lambda=-1,95$ ), produtividade de massa seca de parte aérea ( $\lambda=0,27$ ), formato geral ( $\lambda=0,66$ ), padrão comercial ( $\lambda=0,77$ ), resistência a insetos ( $\lambda=-0,45$ ), agrupamento de raízes ( $\lambda=0,53$ ), olho ( $\lambda=0,43$ ), veia ( $\lambda=-3,00$ ), escurecimento enzimático ( $\lambda=-0,79$ ) e lenticela ( $\lambda=0,90$ ), conforme a fórmula a seguir (5). A característica presença de veias ( $\lambda < -3$ ) foi desconsiderada na análise. 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) (EQUAÇÃO 1):

$$y = (1 + \lambda y^t)^{\frac{1}{\lambda}} \quad (1)$$

Em que,  $\lambda$ : transformações paramétricas; e  $y^t$ : vetor de observações transformadas.

Análises das variâncias foram realizadas apenas para verificar a eficiência do controle local (blocos, leiras e colunas). Para cada característica agrônômica, ajustou-se um modelo misto em que se estimou a variância genotípica ( $\hat{\sigma}_g^2$ ) e a variância ambiental ( $\hat{\sigma}_e^2$ ). As estimativas dos REML/BLUP (HENDERSON, 1984; PATTERSON; THOMPSON, 1971) são consideradas as mais adequadas para o modelo de blocos incompletos e o derivado do látice (BUENO FILHO; VENCOVSKY, 2000). Os genótipos foram ranqueados para cada característica e simulada a intensidade de seleção de 15% (15 genótipos) para cada uma e para o conjunto delas.

Com base nas estimativas de componentes da variância foi calculada a herdabilidade no sentido amplo para a seleção entre clones pela expressão (EQUAÇÃO 2):

$$h^2(\%) = \frac{\hat{\sigma}_g^2}{\hat{\sigma}_f^2} = \frac{\hat{\sigma}_g^2}{\hat{\sigma}_g^2 + \hat{\sigma}_e^2/r} \times 100 \quad (2)$$

Em que,  $h^2$ : herdabilidade no sentido amplo;  $\hat{\sigma}_g^2$ : estimativa da variância genotípica;  $\hat{\sigma}_e^2$ : estimativa da variância do erro experimental,  $\hat{\sigma}_f^2$ : estimativa da variância fenotípica entre médias de clones; e  $r$ : número de repetições dos tratamentos.

O ganho de seleção foi calculado diretamente pela média dos BLUP dos genótipos selecionados. As características que apresentaram baixa herdabilidade e cujo ganho para a intensidade de seleção não difere de zero não foram incluídas nos resultados a seguir, sendo

elas: porcentagem de massa seca de raízes, porcentagem de massa seca de parte aérea, resistência a insetos e escurecimento enzimático.

Nos gráficos de lagarta (*caterpillar plot*) foram apresentadas as estimativas dos BLUP para cada uma das características. O ordenamento é seguindo uma hierarquia de importância entre os caracteres atribuída arbitrariamente pelos melhoristas: produtividade de raízes totais > produtividade de raízes comerciais > produtividade de massa seca de raízes totais > produtividade de massa seca de raízes comerciais > produtividade de parte aérea > produtividade de massa seca de parte aérea > formato geral > padrão comercial > agrupamento de raízes > olho > lenticela. Foram destacados com um triângulo os quinze melhores genótipos para cada característica quantitativa. Além disso, foi selecionado um grupo de 15 genótipos que proporcionou o máximo ganho de seleção para o ordenamento das características (a este grupo se atribuiu a cor azul).

Estimou-se as correlações genéticas e ambientais entre as características quantitativas e qualitativas.

Os dados foram analisados utilizando o software estatístico R (R CORE TEAM, 2018).

### **3 RESULTADOS E DISCUSSÃO**

A análise de variância demonstrou que o teste F foi significativo ( $P \leq 0,05$ ) para as fontes de variação bloco, coluna e leira, em mais de uma característica agrônômica. Isto indica que houve variações significativas nestas fontes de variação, logo o delineamento utilizado no trabalho foi eficiente para a estimação dos resíduos e contribuiu para maior precisão na seleção dos genótipos de batata-doce (TABELA 1).

Tabela 1 - Probabilidade de significância no teste F da análise de variância para os efeitos de controle local, sendo eles os blocos, as leiras e as colunas. UFLA, Lavras, MG, 2020.

Característica	p-value		
	Fonte de Variação		
	Bloco	Coluna	Leira
Produtividade de raízes totais	0,000***	0,107 <sup>ns</sup>	0,000***
Produtividade de raízes comerciais	0,072 <sup>ns</sup>	0,171 <sup>ns</sup>	0,000***
Massa seca de raízes	0,154 <sup>ns</sup>	0,039*	0,541 <sup>ns</sup>
Produtividade de massa seca de raízes totais	0,000***	0,059 <sup>ns</sup>	0,000***
Produtividade de massa seca de raízes comerciais	0,036*	0,124 <sup>ns</sup>	0,000***
Produtividade de parte aérea	0,000***	0,057 <sup>ns</sup>	0,000***
Massa seca de parte aérea	0,001***	0,001**	0,000***
Produtividade de massa seca de parte aérea	0,001***	0,125 <sup>ns</sup>	0,005**
Formato geral	0,014*	0,310 <sup>ns</sup>	0,000***
Padrão comercial	0,551 <sup>ns</sup>	0,133 <sup>ns</sup>	0,639 <sup>ns</sup>
Resistência a inseto	0,370 <sup>ns</sup>	0,789 <sup>ns</sup>	0,096 <sup>ns</sup>
Agrupamento de raízes	0,107 <sup>ns</sup>	0,962 <sup>ns</sup>	0,009**
Olho	0,639 <sup>ns</sup>	0,133 <sup>ns</sup>	0,002**
Veia	0,000***	0,000***	0,000***
Escurecimento enzimático	0,319 <sup>ns</sup>	0,662 <sup>ns</sup>	0,015*
Lenticela	0,003**	0,623 <sup>ns</sup>	0,057 <sup>ns</sup>

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  $P \leq 0,05$ ; <sup>ns</sup> não significativo.

Fonte: Da autora (2020).

As características que apresentaram as maiores herdabilidades no sentido amplo foram a produtividade de raízes totais (93,74%), produtividade de massa seca de raízes totais (74,51%), produtividade de raízes comerciais (70,54%), produtividade de parte área (65,89%), produtividade de massa seca de parte aérea (52,46%) e produtividade de massa seca de raízes comerciais (43,40%) (TABELA 2). Isso indica que para essas características, com exceção da última, apresentaram uma maior variância genética em relação à variância ambiental, ou seja, são caracteres com maior influência dos genes.

Em batata-doce, a estimação da herdabilidade no sentido amplo é de grande importância, já que os efeitos de dominância e epistasia podem ser fixados aos genótipos por meio de propagação vegetativa (GONÇALVES NETO *et al.*, 2012). Nóbrega *et al.* (2019) encontraram uma herdabilidade no sentido amplo para produtividade de raízes comerciais igual a 91,87%, valor superior ao observado neste trabalho. Possivelmente isso está

relacionado ao fato dos parâmetros genéticos serem dependentes da população estudada e das condições ambientais (OLIVEIRA, 2014).

Tabela 2 - Variância genética e ambiental e herdabilidade no sentido amplo para as características agronômicas. UFLA, Lavras, MG, 2020.

Característica	Variância	Variância	Herdabilidade
	Genética (x100)	Ambiental (x100)	no sentido amplo (%)
Produtividade de raízes totais	3396,49	226,90	93,74
Produtividade de raízes comerciais	326,99	136,59	70,54
Massa seca de raízes	≅0,00	0,01	0,05
Produtividade de massa seca de raízes totais	185,12	63,32	74,51
Produtividade de massa seca de raízes comerciais	40,37	52,65	43,40
Produtividade de parte aérea	54,76	28,35	65,89
Massa seca de parte aérea	≅0,00	≅0,00	≅0,00
Produtividade de massa seca de parte aérea	22,55	20,44	52,46
Formato geral	1,91	24,87	7,14
Padrão comercial	3,29	39,11	7,77
Resistência a inseto	0,02	6,81	0,24
Agrupamento de raízes	3,71	43,02	7,94
Olho	15,05	88,38	14,55
Veia	≅0,00	≅0,00	≅0,00
Escurecimento enzimático	≅0,00	0,81	0,15
Lenticela	6,56	34,37	16,03

Fonte: Da autora (2020).

Todas as características ligadas à qualidade de raízes, sendo elas, formato geral, padrão comercial, resistência a insetos, agrupamento de raízes, olho, veia, escurecimento enzimático e lenticela, apresentaram a variância ambiental maior do que a variância genética, resultando em baixas herdabilidades (TABELA 2). Logo, as condições ambientais apresentam maior controle sobre esses caracteres que os efeitos de origem genética. Isso ocorreu devido a forte influência de fatores dependentes do ambiente, como presença de insetos, tipos de solo, nutrição e umidade (SILVA *et al.*, 2015), o que resulta em menor herdabilidade. É importante destacar, que a baixa herdabilidade pode ser uma limitação para a seleção eficiente desses genótipos. Assim, para a introdução dessas características em genótipos que não as possuem, deve-se efetuar ciclos de seleção recorrente, de forma a buscar um maior efeito heterótico e ampliar o número de indivíduos possivelmente superiores para seleção.

Considerando a intensidade de seleção de 15% para todas as características, os melhores genótipos quanto à produtividades de raízes totais apresentaram valores entre 33,11

t ha<sup>-1</sup> e 42,76 t ha<sup>-1</sup>, superiores à produtividade média da população (24,53 t ha<sup>-1</sup>), que correspondem a aumentos da produtividade na ordem de 34,98% a 74,32%, respectivamente (TABELA 3). Isto é, a seleção destes genótipos resulta em ganhos com a seleção que variam entre 8,58 t ha<sup>-1</sup> e 18,23 t ha<sup>-1</sup>.

A produtividade média de raízes totais dos genótipos dessa população estão próximas às verificadas por Andrade Júnior *et al.* (2018), os quais avaliaram genótipos pertencentes aos banco de germoplasma da Universidade Federal dos Vales do Jequitinhonha e Mucuri (UFVJM). Estes autores relataram a produtividade média de raízes totais de 28,71 t ha<sup>-1</sup>, com máxima de 47,10 t ha<sup>-1</sup>. Todavia, em relação à produtividade média, os autores encontraram que 64,50% de suas raízes eram comerciais, enquanto neste trabalho o valor médio foi baixo, correspondente a 26,21%. Entretanto, considerando os 15 melhores genótipos, a porcentagem de raízes comerciais foi de 35,68%. Mesmo sendo genótipos diferentes estudados, possivelmente essas diferenças na proporção de raízes comerciais estiveram relacionadas a outros fatores de ordem ambiental, como tipo e preparo do solo, influenciando sobre o bom desenvolvimento e padrão comercial das raízes. Logo, para confirmar o comportamento desses genótipos, é importante que sejam realizados novos estudos em outras localidades.

Embora este trabalho tenha como foco a alimentação humana, é importante avaliar a característica produtividade total de raízes, visto que as raízes não comercializáveis podem ser aproveitadas para a alimentação animal e para a produção de etanol (AZEVEDO *et al.*, 2014), ou mesmo para a agroindústria. Além disso, maiores produtividades de raízes totais geralmente estão associadas à maior quantidade de raízes comerciais. Dessa forma, essa característica desempenha um papel em diferentes aptidões de uso da batata-doce.

Tabela 3 - Ordenamento das estimativas dos valores genotípicos de clones para as características: produtividade de raízes totais, produtividade de raízes comerciais, produtividade de massa seca de raízes totais, produtividade de massa seca de raízes comerciais, produtividade de parte aérea e produtividade de massa seca de parte aérea, onde a ordem 1 é o melhor genótipo. UFLA, Lavras, MG, 2020. (continua)

Ordem	Produtividade de raízes totais					Produtividade de raízes comerciais				
	Genótipo	Cor da casca	Cor da polpa	t ha <sup>-1</sup>	GS (t ha <sup>-1</sup> )	Genótipo	Cor da casca	Cor da polpa	t ha <sup>-1</sup>	GS (t ha <sup>-1</sup> )
1	2018-28-543	Creme	Amarela	42,76	18,23	2018-19-464	Rosa	Creme	18,68	12,25
2	2018-19-464	Rosa	Creme	42,39	17,86	2018-72-1409	Roxa	Roxa/Branca	15,18	8,75
3	2018-28-556	Creme	Creme	41,39	16,87	2018-72-1428	Rosa	Creme	14,09	7,66
4	2018-72-1376	Rosa	Branca/Roxa	38,87	14,34	2018-19-443	Rosa	Creme	13,32	6,88
5	2018-55-1154	Creme	Creme/Roxa	38,26	13,73	2018-72-1408	Rosa	Branca/Roxa	13,28	6,85
6	2018-15-299	Rosa	Creme	36,59	12,06	2018-36-807	Creme	Creme	12,98	6,54
7	2018-72-1409	Roxa	Roxa/Branca	35,33	10,80	Beauregard	Rosa	Laranja	12,96	6,53
8	2018-29-598	Creme	Amarela	35,11	10,58	2018-72-1418	Roxa	Roxa/Branca	12,87	6,43
9	2018-36-807	Creme	Creme	34,44	9,91	2018-19-455	Creme	Branca/Roxa	12,64	6,21
10	2018-54-1137	Rosa	Branca/Roxa	34,12	9,59	2018-74-1507	Creme	Creme	12,22	5,79
11	2018-74-1507	Creme	Creme	34,03	9,51	2018-67-1321	Rosa	Creme	11,75	5,32
12	2018-72-1432	Roxa	Roxa/Branca	33,79	9,26	2018-72-1376	Rosa	Branca/Roxa	11,64	5,20
13	2018-19-443	Rosa	Creme	33,44	8,91	2018-54-1137	Rosa	Branca/Roxa	11,37	4,93
14	2018-38-926	Rosa	Creme	33,24	8,71	2018-54-1114	Rosa	Creme	11,18	4,75
15	2018-31-666	Rosa	Creme/Roxa	33,11	8,58	2018-65-1249	Rosa	Branca	11,05	4,62
∴	∴	∴	∴	∴	∴	∴	∴	∴	∴	∴
20	2018-65-1249	Rosa	Branca	31,73	7,20	2018-72-1388	Rosa	Branca/Roxa	9,98	3,55
∴	∴	∴	∴	∴	∴	∴	∴	∴	∴	∴
30	2018-18-376	Rosa	Creme/Roxa	29,27	4,74	2018-74-1489	Rosa	Creme	8,20	1,77
∴	∴	∴	∴	∴	∴	∴	∴	∴	∴	∴
40	Brazlândia Roxa	Rosa	Creme	26,88	2,35	2018-72-1389	Roxa	Roxa/Branca	7,41	0,98
∴	∴	∴	∴	∴	∴	∴	∴	∴	∴	∴
50	2018-55-1153	Creme	Creme	24,97	0,44	2018-14-262	Creme	Creme	6,56	0,20
∴	∴	∴	∴	∴	∴	∴	∴	∴	∴	∴
60	2018-55-1157	Creme	Creme	22,75	-1,78	2018-74-1481	Creme	Creme	5,87	-0,56
∴	∴	∴	∴	∴	∴	∴	∴	∴	∴	∴
70	2018-72-1380	Roxa	Roxa/Branca	21,32	-3,20	2018-35-764	Creme	Creme	4,93	-1,50
∴	∴	∴	∴	∴	∴	∴	∴	∴	∴	∴
80	2018-38-941	Rosa	Creme	19,52	-5,00	2018-12-252	Rosa	Creme/Roxa	4,09	-2,35

Tabela 3 - Ordenamento das estimativas dos valores genotípicos de clones para as características: produtividade de raízes totais, produtividade de raízes comerciais, produtividade de massa seca de raízes totais, produtividade de massa seca de raízes comerciais, produtividade de parte aérea e produtividade de massa seca de parte aérea, sendo a ordem 1 é o melhor genótipo. UFLA, Lavras, MG, 2020. (continua)

Ordem	Produtividade de raízes totais					Produtividade de raízes comerciais				
	Genótipo	Cor da casca	Cor da polpa	t ha <sup>-1</sup>	GS (t ha <sup>-1</sup> )	Genótipo	Cor da casca	Cor da polpa	t ha <sup>-1</sup>	GS (t ha <sup>-1</sup> )
90	2018-15-268	Creme	Creme	15,40	-9,13	2018-36-840	Roxa	Creme	2,66	-3,77
100	2018-31-713	Rosa	Creme/Roxa	8,56	-15,97	2018-31-713	Rosa	Creme/Roxa	0,91	-5,52
Média				24,53					6,43	

Ordem	Produtividade de massa seca de raízes totais					Produtividade de massa seca de raízes comerciais				
	Genótipo	Cor da casca	Cor da polpa	t ha <sup>-1</sup>	GS (t ha <sup>-1</sup> )	Genótipo	Cor da casca	Cor da polpa	t ha <sup>-1</sup>	GS (t ha <sup>-1</sup> )
1	2018-19-464	Rosa	Creme	14,40	6,77	2018-19-464	Rosa	Creme	6,24	4,25
2	2018-28-556	Creme	Creme	12,69	5,06	2018-72-1428	Rosa	Creme	4,55	2,56
3	2018-15-299	Rosa	Creme	11,72	4,09	2018-72-1409	Roxa	Roxa/Branca	4,52	2,53
4	2018-72-1376	Rosa	Branca/Roxa	11,44	3,81	2018-74-1507	Creme	Creme	4,12	2,13
5	2018-55-1154	Creme	Creme/Roxa	11,40	3,77	2018-72-1408	Rosa	Branca/Roxa	3,98	1,99
6	2018-74-1507	Creme	Creme	11,39	3,76	2018-19-443	Rosa	Creme	3,97	1,98
7	2018-28-543	Creme	Amarela	11,24	3,61	2018-36-807	Creme	Creme	3,97	1,98
8	2018-31-666	Rosa	Creme/Roxa	11,12	3,49	2018-72-1418	Roxa	Roxa/Branca	3,90	1,91
9	2018-72-1409	Roxa	Roxa/Branca	10,80	3,17	2018-19-455	Creme	Branca/Roxa	3,84	1,85
10	2018-72-1432	Roxa	Roxa/Branca	10,73	3,10	Brazlândia Roxa	Rosa	Creme	3,64	1,65
11	2018-36-807	Creme	Creme	10,53	2,90	2018-72-1381	Rosa	Creme/Roxa	3,53	1,54
12	2018-72-1428	Rosa	Creme	10,38	2,75	2018-72-1376	Rosa	Branca/Roxa	3,50	1,51
13	2018-15-276	Creme	Creme	10,36	2,73	2018-65-1249	Rosa	Branca	3,42	1,43
14	2018-72-1408	Rosa	Branca/Roxa	10,14	2,51	2018-54-1114	Rosa	Creme	3,38	1,39
15	2018-19-443	Rosa	Creme	10,11	2,48	2018-28-556	Creme	Creme	3,35	1,36
20	2018-72-1389	Roxa	Roxa/Branca	9,94	2,31	UFVJM-61	Rosa	Creme	2,96	0,97
30	2018-67-1323	Creme	Creme	9,29	1,66	2018-37-869	Roxa	Creme	2,54	0,55

Tabela 3 - Ordenamento das estimativas dos valores genotípicos de clones para as características: produtividade de raízes totais, produtividade de raízes comerciais, produtividade de massa seca de raízes totais, produtividade de massa seca de raízes comerciais, produtividade de parte aérea e produtividade de massa seca de parte aérea, sendo a ordem 1 é o melhor genótipo. UFLA, Lavras, MG, 2020. (continua)

Ordem	Produtividade de massa seca de raízes totais					Produtividade de massa seca de raízes comerciais				
	Genótipo	Cor da casca	Cor da polpa	t ha <sup>-1</sup>	GS (t ha <sup>-1</sup> )	Genótipo	Cor da casca	Cor da polpa	t ha <sup>-1</sup>	GS (t ha <sup>-1</sup> )
40	2018-53-1069	Rosa	Creme	8,27	0,64	2018-72-1380	Roxa	Roxa/Branca	2,29	0,30
⋮	⋮	⋮	⋮	⋮	⋮	⋮	⋮	⋮	⋮	⋮
50	2018-74-1512	Rosa	Amarela/Laranja	7,79	0,16	2018-19-445	Creme	Creme	2,02	0,03
⋮	⋮	⋮	⋮	⋮	⋮	⋮	⋮	⋮	⋮	⋮
60	2018-31-671	Rosa	Creme	7,05	-0,58	2018-68-1361	Rosa	Creme	1,76	-0,23
⋮	⋮	⋮	⋮	⋮	⋮	⋮	⋮	⋮	⋮	⋮
70	2018-15-277	Creme	Creme	6,59	-1,04	2018-35-764	Creme	Creme	1,63	-0,36
⋮	⋮	⋮	⋮	⋮	⋮	⋮	⋮	⋮	⋮	⋮
80	2018-46-1011	Rosa	Creme	5,89	-1,75	2018-38-941	Rosa	Creme	1,24	-0,75
⋮	⋮	⋮	⋮	⋮	⋮	⋮	⋮	⋮	⋮	⋮
90	2018-74-1481	Creme	Creme	4,81	-2,82	2018-28-514	Rosa	Creme	0,83	-1,16
⋮	⋮	⋮	⋮	⋮	⋮	⋮	⋮	⋮	⋮	⋮
100	2018-31-713	Rosa	Creme/Roxa	2,89	-4,74	2018-8-198	Rosa	Creme/Roxa	0,34	-1,65
Média				7,63					1,99	

Ordem	Produtividade de parte aérea					Produtividade de massa seca de parte aérea				
	Genótipo	Cor da casca	Cor da polpa	t ha <sup>-1</sup>	GS (t ha <sup>-1</sup> )	Genótipo	Cor da casca	Cor da polpa	t ha <sup>-1</sup>	GS (t ha <sup>-1</sup> )
1	2018-72-1438	Roxa	Roxa/Branca	64,18	41,84	2018-31-713	Rosa	Creme/Roxa	10,40	6,64
2	2018-31-713	Rosa	Creme/Roxa	63,76	41,42	2018-72-1438	Roxa	Roxa/Branca	9,80	6,04
3	2018-12-252	Rosa	Creme/Roxa	57,18	34,84	2018-12-252	Rosa	Creme/Roxa	9,50	5,74
4	2018-31-666	Rosa	Creme/Roxa	44,41	22,07	2018-19-461	Roxa	Roxa/Creme	7,93	4,17
5	2018-19-461	Roxa	Roxa/Creme	43,17	20,83	2018-38-946	Rosa	Creme	7,25	3,49
6	2018-28-556	Creme	Creme	41,48	19,14	2018-65-1252	Rosa	Creme	7,02	3,26
7	2018-65-1252	Rosa	Creme	40,63	18,29	2018-31-666	Rosa	Creme/Roxa	6,80	3,05
8	2018-5-133	Rosa	Creme	40,39	18,06	2018-5-133	Rosa	Creme	6,75	2,99
9	2018-38-946	Rosa	Creme	39,59	17,25	2018-28-556	Creme	Creme	6,75	2,99
10	2018-31-689	Rosa	Creme	36,56	14,22	2018-31-689	Rosa	Creme	6,43	2,67
11	2018-18-376	Rosa	Creme/Roxa	35,27	12,93	2018-36-840	Roxa	Creme	5,91	2,15

Tabela 3 - Ordenamento das estimativas dos valores genotípicos de clones para as características: produtividade de raízes totais, produtividade de raízes comerciais, produtividade de massa seca de raízes totais, produtividade de massa seca de raízes comerciais, produtividade de parte aérea e produtividade de massa seca de parte aérea, sendo a ordem 1 é o melhor genótipo. UFLA, Lavras, MG, 2020. (conclusão)

Ordem	Produtividade de parte aérea					Produtividade de massa seca de parte aérea				
	Genótipo	Cor da casca	Cor da polpa	t ha <sup>-1</sup>	GS (t ha <sup>-1</sup> )	Genótipo	Cor da casca	Cor da polpa	t ha <sup>-1</sup>	GS (t ha <sup>-1</sup> )
12	2018-8-181	Rosa	Creme	35,16	12,82	2018-8-181	Rosa	Creme	5,85	2,09
13	2018-53-1038	Creme	Creme/Roxa	33,76	11,42	2018-74-1479	Amarela	Creme	5,79	2,03
14	2018-19-389	Rosa	Creme	33,62	11,28	2018-18-376	Rosa	Creme/Roxa	5,65	1,89
15	2018-55-1153	Creme	Creme	33,06	10,72	2018-37-864	Creme	Creme	5,56	1,80
⋮	⋮	⋮	⋮	⋮	⋮	⋮	⋮	⋮	⋮	⋮
20	2018-28-514	Rosa	Creme	31,78	9,44	2018-46-995	Rosa	Creme	5,25	1,49
⋮	⋮	⋮	⋮	⋮	⋮	⋮	⋮	⋮	⋮	⋮
30	2018-72-1428	Rosa	Creme	28,66	6,32	2018-53-1031	Roxa	Roxa/Branca	4,70	0,94
⋮	⋮	⋮	⋮	⋮	⋮	⋮	⋮	⋮	⋮	⋮
40	2018-36-806	Rosa	Creme	24,84	2,50	2018-19-391	Creme	Creme	4,10	0,34
⋮	⋮	⋮	⋮	⋮	⋮	⋮	⋮	⋮	⋮	⋮
50	Brazlândia Roxa	Rosa	Creme	23,23	0,90	2018-8-238	Creme	Creme	3,85	0,09
⋮	⋮	⋮	⋮	⋮	⋮	⋮	⋮	⋮	⋮	⋮
60	2018-8-237	Creme	Creme	20,27	-2,07	2018-15-322	Rosa	Creme	3,50	-0,25
⋮	⋮	⋮	⋮	⋮	⋮	⋮	⋮	⋮	⋮	⋮
70	2018-14-260	Creme	Creme	17,75	-4,58	2018-54-1105	Creme	Creme	2,84	-0,91
⋮	⋮	⋮	⋮	⋮	⋮	⋮	⋮	⋮	⋮	⋮
80	2018-74-1527	Creme	Amarela/Laranja	15,41	-6,93	2018-72-1432	Roxa	Roxa/Branca	2,53	-1,23
⋮	⋮	⋮	⋮	⋮	⋮	⋮	⋮	⋮	⋮	⋮
90	2018-15-277	Creme	Creme	13,47	-8,87	2018-54-1137	Rosa	Branca/Roxa	2,18	-1,58
⋮	⋮	⋮	⋮	⋮	⋮	⋮	⋮	⋮	⋮	⋮
100	Beauregard	Rosa	Laranja	4,85	-17,48	Beauregard	Rosa	Laranja	0,88	-2,87
Média				22,34					3,76	

Genótipo: a nomeação consiste no ano de obtenção do genótipo, em seguida, a família pertencente e a parcela onde o genótipo estava no experimento em que foi testado pela primeira vez; Cor da polpa: quando descrita duas cores, a primeira é a cor predominante e a segunda é a cor secundária; t ha<sup>-1</sup>: produtividade média estimada em toneladas por hectare; GS: ganho de seleção; Média: média da população.

Fonte: Da autora (2020).

Outro aspecto de importância é a variabilidade de cores presentes nos genótipos em estudo, considerando a coloração da polpa e da casca. De acordo com Nóbrega *et al.* (2019), essas descobertas são relevantes para os programas de melhoramento, pois permitem desenvolver novas variedades de batata-doce para diferentes necessidades. Isso porque a variedade cultivada depende muitas vezes das demandas e tradições do mercado local (SILVA; LOPES; MAGALHÃES, 2008), além de apresentarem diferentes composições nutricionais e compostos bioativos (TANAKA *et al.*, 2017). Em Minas Gerais, considerando as escalas de notas estabelecida neste trabalho (FIGURAS 11 e 12), a maior demanda por batata-doce é da coloração de casca creme e rosa, com polpa branca ou creme.

Considerando os melhores genótipos selecionados para a produtividade de raízes totais, 13,33% apresentaram casca de coloração roxa, 40% creme e 46,67% rosa (TABELA 3). Em relação a polpa, 60% desses genótipos possuem a cor predominante creme, sendo que 22,22% destes possuem a coloração secundária roxa. Além dessas colorações de polpa, 13,33% dos genótipos são amarelos, 13,33% roxos predominantes com coloração secundária branca e 13,33% possuem predominância branca com coloração secundária roxo.

As maiores produtividades de raízes comerciais variaram entre 11,05 t ha<sup>-1</sup> e 18,68 t ha<sup>-1</sup>, considerando 15% dos melhores genótipos (TABELA 3). Esses genótipos apresentaram um aumento na produtividade de 71,85% a 190,51% em relação à média geral da população, que correspondem à ganhos de seleção entre 4,62 t ha<sup>-1</sup> e 12,25 t ha<sup>-1</sup>, considerados bons para a característica.

Vale mencionar, que em média houve uma redução de 73,79% de produtividade de raízes totais (24,53 t ha<sup>-1</sup>) para produtividade de raízes comerciais (6,43 t ha<sup>-1</sup>) (TABELA 3). Essa redução ocorreu devido a forte interferência da estruturação do solo no desenvolvimento de raízes comerciais, sendo que solos mais argilosos, como deste estudo, favorecem deformações nas raízes (SILVA; LOPES; MAGALHÃES, 2008). Silva *et al.* (2012) afirmam que o desempenho de cultivares e clones de batata-doce quanto às características relacionadas à produtividade de raízes podem variar conforme o ambiente, pois são características de herança quantitativa e de forte influência ambiental.

Dessa forma, Azevedo *et al.* (2014) em estudo com batata-doce em duas localidades, observaram que a produção de raízes comercializáveis de mesmos genótipos variaram de 5,09 a 12,96 t ha<sup>-1</sup> em uma localidade e 7,04 a 44,82 t ha<sup>-1</sup> em outra, evidenciando a importância de testar genótipos em diferentes ambientes.

Em relação à coloração da casca, 13,33% dos melhores genótipos para produtividade de raízes comerciais apresentaram coloração roxa, 20% creme e 66,67% rosa (TABELA 3).

Esses genótipos apresentaram diferentes colorações da polpa, sendo 6,67% laranja, 13,33% roxa com coloração secundária branca, 33,33% branca, sendo que deste valor 80% possuem coloração secundária roxa, e 46,67% creme.

Segundo Gonçalves Neto *et al.* (2012), para a alimentação humana, a principal característica é a produção de raízes comerciais. Isso ocorre devido a exigência do mercado por raízes com melhores padrões de qualidade. Assim, o maior rendimento de raízes comerciais é viável para reduzir os desperdícios, caso objetive-se atender exclusivamente a alimentação humana.

Os genótipos que se destacaram para a característica produtividade de massa seca de raízes totais apresentaram valores entre 10,11 t ha<sup>-1</sup> e 14,40 t ha<sup>-1</sup>, sendo a produtividade média da população de 7,63 t ha<sup>-1</sup> (TABELA 3). Apesar de inferior, essa produtividade média é próxima à observada por Andrade Júnior *et al.* (2018), que encontraram valores da ordem de 8,93 t ha<sup>-1</sup>. Essa diferença está associada aos efeitos genéticos e também ambientais dos diferentes ensaios (AZEVEDO *et al.*, 2015). Todavia, os ganhos com a seleção dos 15 melhores genótipos variaram entre 2,48 t ha<sup>-1</sup> e 6,77 t ha<sup>-1</sup>, sendo valores inferiores à produtividade de raízes totais (8,58 t ha<sup>-1</sup> a 18,23 t ha<sup>-1</sup>). Isso ocorreu devido a produtividade de massa seca de raízes totais desconsiderar a perda de água com a secagem das raízes.

O teor médio de massa seca das raízes, embora não ranqueado por ter apresentado baixa herdabilidade, dos 15 melhores genótipos para produtividade de massa seca de raízes totais, foi de 31,17%, variando entre 26,29% (2018-28-543) e 33,97% (2018-19-464). Resultados semelhantes foram encontrados por Andrade Júnior *et al.* (2018) e Gonçalves Neto *et al.* (2011), com 31,10% e 31,50%, respectivamente. A produtividade de massa seca de raízes é importante quando as mesmas são submetidas à indústria alimentícia (ANDRADE JÚNIOR *et al.*, 2018) e produção de etanol (SILVA, 2019).

Para a produtividade de massa seca de raízes comerciais, os 15 melhores genótipos apresentaram produtividades de 3,35 t ha<sup>-1</sup> a 6,24 t ha<sup>-1</sup>, sendo que a média da população foi de 1,99 t ha<sup>-1</sup> (TABELA 3). Embora não seja usual a avaliação dessa característica nos trabalhos com a cultura, é importante para verificar o quanto da produtividade de massa seca de raízes refere-se às raízes comerciais. Quanto aos ganhos de seleção, os melhores genótipos permitiram valores entre 1,36 t ha<sup>-1</sup> e 4,25 t ha<sup>-1</sup>. Esses ganhos foram baixos quando comparado aos obtidos para a produtividade de massa seca das raízes totais, possivelmente devido a produtividade de massa seca de raízes comerciais ser mais influenciada ambientalmente nessa população, resultando em uma herdabilidade inferior (TABELA 2).

Os 15 melhores genótipos para produtividade de parte aérea apresentaram entre 33,06 t ha<sup>-1</sup> e 64,18 t ha<sup>-1</sup> (TABELA 3). Esses melhores genótipos apresentaram produtividades superiores de 47,98% a 187,29% em relação a média geral da população, o que proporcionou ganhos com a seleção entre 10,72 t ha<sup>-1</sup> e 41,84 t ha<sup>-1</sup>. Ganhos de seleção acima da média demonstram o potencial agrônômico dos genótipos selecionados, além de reforçar a necessidade do contínuo melhoramento dos genótipos pertencentes ao banco de germoplasma da UFLA. Além disso, observou-se que, para esta intensidade de seleção, as cultivares comerciais não estiveram entre os melhores, o que mostra superioridade desses clones experimentais para a produtividade de parte aérea.

É importante destacar que os genótipos em estudo já foram avaliados por Silva (2019) no primeiro ciclo de seleção recorrente, todavia, o autor utilizou o delineamento de blocos incompletos, com apenas uma repetição composta por três plantas. Por isso, essa nova avaliação dos clones se fez necessária. No trabalho de Silva (2019) estudou-se duas testemunhas em comum, sendo elas a UFVJM-58 (38ª posição no ordenamento) e a UFVJM-61 (28ª posição no ordenamento), sendo o ponto de comparações. Com isso, considerando a produtividade de parte aérea, o autor descreveu valores de 56,95 t ha<sup>-1</sup> e 37,62 t ha<sup>-1</sup>, respectivamente, para essas testemunhas. Já neste estudo, foram encontradas produtividades de 25,40 t ha<sup>-1</sup> e 28,95 t ha<sup>-1</sup> para UFVJM-58 e UFVJM-61, respectivamente (TABELA 3). Vale destacar que os dois experimentos foram implantados em diferentes localidades, porém, na mesma época, com um intervalo de um ano. Neste contexto, provavelmente as variações nas produtividades dos genótipos observadas neste experimento podem ser mais confiáveis, haja vista que foram utilizadas três repetições de cada tratamento e oito plantas úteis em cada parcela, ao contrário do estudo conduzido por Silva (2019).

Dos 39 melhores genótipos selecionados para alimentação humana no estudo de Silva (2019), o melhor genótipo foi a testemunha UFVJM-58. Além deste, os genótipos 2018-8-238, 2018-19-455, 2018-65-1252 e 2018-8-181 foram selecionados no trabalho desse autor para essa aptidão, e também avaliados neste presente estudo. Todavia, dentre esses genótipos, apenas o 2018-65-1252 (7ª posição no ordenamento) e o 2018-8-181 (12ª posição no ordenamento) estão entre os melhores no ranking atual de produtividade de parte aérea, com 40,63 t ha<sup>-1</sup> e 35,16 t ha<sup>-1</sup>, respectivamente (TABELA 3), inferior ao observado por Silva (2019), com produtividade de 62,78 t ha<sup>-1</sup> de parte aérea. Essas diferenças podem estar relacionadas, também, a fatores ambientais, como condições climáticas e tipo de solo.

As características que envolvem a parte aérea são relevantes, pois indicam o potencial dos genótipos para a alimentação humana através das folhas (SUÁREZ *et al.*, 2020), ou para a

alimentação animal na forma *in natura*, silagem ou feno (DONATO *et al.*, 2020; GONÇALVES NETO *et al.*, 2012). Isso permite um melhor aproveitamento da planta pelo produtor.

Para a produtividade de massa seca de parte aérea, os genótipos que se destacaram apresentaram entre 5,56 t ha<sup>-1</sup> e 10,40 t ha<sup>-1</sup> (TABELA 3). Considerando a média geral da população para essa característica (3,76 t ha<sup>-1</sup>), foram verificados ganhos de seleção entre 1,80 t ha<sup>-1</sup> e 6,64 t ha<sup>-1</sup>. De modo geral, as produtividades de massa seca de parte aérea divergem das encontradas por Andrade Júnior *et al.* (2018) e Figueiredo *et al.* (2012), que encontraram produtividades média de massa seca de parte aérea de 5,85 t ha<sup>-1</sup> e 4,20 t ha<sup>-1</sup>, respectivamente em genótipos de batata-doce. Essa característica é influenciada pelo teor de massa seca, que variou entre os 15 melhores genótipos de 15,27% (2018-72-1438) a 18,37% (2018-19-461), e também pela produtividade de massa fresca do genótipo. A média do teor de massa seca entre esses genótipos foi de 16,83%, semelhante ao encontrado por Gonçalves Neto *et al.* (2011) com 16,32%. Já Andrade Júnior *et al.* (2018) e Figueiredo *et al.* (2012) encontraram maiores teores, de 20,30% e 21,41%, respectivamente. A variação no teor de massa seca pode ser decorrente de diferenças no ciclo de cada clone, visto que plantas mais maduras apresentam maiores teores de massa seca (ANDRADE JÚNIOR *et al.*, 2012).

De forma geral, considerando todas as características quantitativas, no *ranking* de produtividade de raízes totais, o genótipo de melhor desempenho foi o 2018-28-543 com 42,76 t ha<sup>-1</sup>, além dessa característica, se destacou entre os 15 melhores genótipos em produtividade de massa seca de raízes totais (11,24 t ha<sup>-1</sup>). Todavia, esse genótipo não está entre os melhores para produtividade de raízes comerciais, estando na 24ª posição no ranqueamento dessa característica. O genótipo 2018-19-464 se destacou em todas as características ligadas à produtividade de raízes, alocado na segunda posição em produtividade de raízes totais (42,39 t ha<sup>-1</sup>) e na primeira posição para a produtividade de raízes comerciais (18,68 t ha<sup>-1</sup>), produtividade de massa seca de raízes totais (14,40 t ha<sup>-1</sup>) e produtividade de massa seca de raízes comerciais (6,24 t ha<sup>-1</sup>) (TABELA 3).

Além do genótipo 2018-19-464, o 2018-72-1409, 2018-36-807, 2018-74-1507 e 2018-19-443 apresentaram resultados satisfatórios para todas as características relacionadas à produtividade de raízes, estando sempre entre os quinze melhores genótipos (TABELA 3). Isso ocorre devido aos valores das características de produtividade de raízes estarem relacionados entre si, como também foi observado no trabalho de Andrade Júnior *et al.* (2018).

Vale mencionar os outros genótipos que se destacaram em mais de uma característica de produtividade de raízes, sendo o 2018-19-455, 2018-54-1114, 2018-65-1249 e 2018-72-1418 em produtividade de raízes comerciais (12,64, 11,37, 11,05 e 12,87 t ha<sup>-1</sup>, respectivamente) e produtividade de massa seca de raízes comerciais (3,38, 3,84, 3,42 e 3,90 t ha<sup>-1</sup>, respectivamente). Além desses, os genótipos 2018-55-1154, 2018-15-299 e 2018-72-1432 em produtividade de raízes totais (38,26, 36,59 e 33,79 t ha<sup>-1</sup>, respectivamente) e produtividade de massa seca de raízes totais (11,40, 11,72 e 10,73 t ha<sup>-1</sup>, respectivamente). Os genótipos 2018-72-1428 e 2018-72-1408 se destacaram em produtividade de raízes comerciais (14,09 e 13,28 t ha<sup>-1</sup>, respectivamente), produtividade de massa seca de raízes totais (10,38 e 10,14 t ha<sup>-1</sup>, respectivamente) e produtividade de massa seca de raízes comerciais (6,24 e 3,98 t ha<sup>-1</sup>, respectivamente). Por fim, os genótipos 2018-72-1376 e 2018-54-1137 que destacaram em produtividade de raízes totais (38,87 e 34,12 t ha<sup>-1</sup>, respectivamente) e produtividade de raízes comerciais (11,64 e 11,37 t ha<sup>-1</sup>, respectivamente), além dessas características, o primeiro genótipo é destaque em produtividade de massa seca de raízes comerciais (3,50 t ha<sup>-1</sup>).

Os dois melhores genótipos em produtividade de parte aérea foram o 2018-72-1438 e o 2018-31-713 com valores de 64,18 t ha<sup>-1</sup> e 63,76 t ha<sup>-1</sup>, respectivamente (TABELA 3). Além disso, esses genótipos foram os melhores em produtividade de massa seca de parte aérea com 9,80 t ha<sup>-1</sup> e 10,40 t ha<sup>-1</sup>, respectivamente.

Observa-se ainda, que apenas os genótipos 2018-31-666 e 2018-28-556 destacaram-se em produtividade de parte aérea e de raiz, sendo produtividade de parte aérea com 44,41 t ha<sup>-1</sup> e 41,48 t ha<sup>-1</sup>, respectivamente, produtividade de massa seca de parte aérea com 6,80 t ha<sup>-1</sup> e 6,75 t ha<sup>-1</sup>, respectivamente, produtividade de raízes totais com 33,11 t ha<sup>-1</sup> e 41,39 t ha<sup>-1</sup>, respectivamente, e produtividade de massa seca de raízes totais com 11,12 t ha<sup>-1</sup> e 12,69 t ha<sup>-1</sup>, respectivamente (TABELA 3). Assim, esses genótipos possuem potencial para mais de uma aptidão, visto que tanto a sua parte aérea como as raízes podem ser utilizadas. Segundo Silva (2019), isso é uma contribuição favorável aos produtores, pois proporciona a produção diversificada e sustentável, gerando então um maior lucro à empresa rural.

As cultivares comerciais estão entre os quinze melhores tratamentos, apenas nas características que envolvem as raízes comerciais (TABELA 3). A cultivar Beauregard foi o sétimo genótipo com melhor produtividade de raízes comerciais (12,96 t ha<sup>-1</sup>), porém com uma redução de 5,72 t ha<sup>-1</sup> em relação ao melhor genótipo (2018-19-464). Em trabalho conduzido por Silva *et al.* (2015), a cultivar Beauregard obteve uma produtividade média total de raízes de dois anos de cultivo, de 49,66 t ha<sup>-1</sup>. Este valor foi 131,30% superior à

produtividade encontrada neste trabalho (21,47 t ha<sup>-1</sup>). Esses autores observaram ainda uma produtividade de raízes comerciais igual a 36,38 t ha<sup>-1</sup> para essa cultivar. Dessa forma, o desempenho da Beaugard, assim como os demais genótipos, podem apresentar melhor desempenho em outros ambientes, especialmente sob condições edafoclimáticas mais favoráveis, como exemplo, solos arenosos. De acordo com Melo *et al.* (2020), o conhecimento da adaptação de genótipos de batata-doce aos ambientes e a sua eficiência de produção em diversos sistemas de cultivo é essencial para que os genótipos com melhor desempenho sejam identificados. Isso reforça a necessidade de posterior avaliação dos genótipos selecionados neste estudo em outras condições ambientais.

Já a Brazlândia Roxa foi ranqueada na décima primeira posição para produtividade de massa seca de raízes comerciais (3,64 t ha<sup>-1</sup>), com uma redução de 2,60 t ha<sup>-1</sup> em comparação ao melhor genótipo (2018-19-464) (TABELA 3). Esse bom desempenho das cultivares para as características comerciais mostram que nos programas de melhoramento dessas cultivares objetivou-se a seleção de boas características de raízes para atender apenas a aptidão humana. Além disso, os resultados observados neste trabalho reforçam, mesmo as cultivares possuindo características de interesse ao mercado consumidor, que há genótipos em estudo que apresentam melhores desempenhos agronômicos.

Em relação às características qualitativas, entre os 15 melhores genótipos para formato geral, apresentaram notas entre 2,21 até 2,86, ou seja, apresentam raízes próximas ao fusiforme até raízes tendendo ao formato desuniforme (TABELA 4). Apenas os quatro melhores genótipos obtiveram raízes mais próximas ao fusiforme, pois a maior nota foi 2,46. Verificou-se novamente que a baixa herdabilidade de 7,14% (TABELA 2) afetou a caracterização das variáveis qualitativas. Esses quatro genótipos apresentaram ganhos de seleção entre -1,08 e -0,83, em relação a média da população (3,29). A correlação entre as notas dos avaliadores foi de 0,85, com o intervalo de segurança de 0,82 a 0,88.

Raízes com formato ótimo não foram encontradas neste estudo, corroborando com Gonçalves Neto *et al.* (2011), que estudando 39 genótipos de batata-doce encontraram apenas três genótipos com formato próximo ao ótimo. Já Silva (2019) encontrou 11 genótipos, porém, em uma população de 1604 genótipos. Neste trabalho, estudou-se apenas três destes genótipos destacados por Silva (2019), o 2018-46-1011 (48<sup>a</sup> posição) e o 2018-28-556 (49<sup>a</sup> posição) que apresentaram raízes com formato desuniforme, e o 2018-65-1252 (86<sup>a</sup> posição) com raízes ruins para a comercialização. Entretanto, o ideal ao comércio de mesa é um formato fusiforme (AZEVEDO *et al.*, 2002). Essa variação no formato pode estar associada às diferentes condições de cultivo.

Para a característica padrão comercial, os 15 melhores genótipos apresentaram notas entre 2,39 e 2,82, assim, os três melhores genótipos apresentaram raízes com bom padrão comercial, enquanto os demais tendem a apresentarem raízes que afetam medianamente, de forma negativa, a comercialização (TABELA 4). A média da população (3,28), também correspondeu a um padrão que afeta medianamente a comercialização. Esses melhores genótipos apresentaram um ganho de seleção entre -0,45 e -0,88, ou seja, menor que uma unidade na escala de notas. A correlação entre as notas dos avaliadores foi de 0,82, com o intervalo de segurança de 0,77 a 0,85.

O genótipo 2018-54-1137 se destacou para o padrão comercial (2,43), ficando atrás somente da cultivar comercial Beauregard no ranqueamento (TABELA 4). Silva (2019) não relatou esse genótipo entre os melhores para essa característica em seu trabalho. Dos 60 genótipos com potenciais para diferentes aptidões no trabalho desse autor, 15 apresentaram raízes com ótimo padrão comercial, com o máximo rendimento. Desses, quatro genótipos foram estudados neste trabalho, embora somente o genótipo 2018-28-556 esteja entre os 15 melhores observados, com raízes que tendem a afetar medianamente a comercialização (2,67).

Quanto ao padrão comercial geral, considera-se o quanto o produto é afetado para a comercialização por fatores como danos por pragas e formato muito desuniforme. Com isso, considerando a escala de notas, não é ideal selecionar genótipos com raízes que prejudicam muito a comercialização (nota 4) e com o pior padrão comercial (nota 5). Isso porque o padrão comercial influencia na qualidade das raízes, no rendimento, no tempo de prateleira, considerando a presença de danos por pragas, e na aceitação comercial (AZEVEDO *et al.*, 2014).

Os 15 melhores genótipos para o agrupamento de raízes apresentaram notas entre 4,25 até 4,81, tendendo ao agrupamento aberto (TABELA 4). Esses genótipos foram superiores a média da população (5,66), indicando um ganho de seleção entre -1,41 e -0,85. Esse ganho é benéfico, pois indica que, na média geral, os genótipos apresentavam raízes abertas tendendo à dispersas.

Tabela 4 - Ordenamento das estimativas dos valores genotípicos de clones para as características: formato geral, padrão comercial, agrupamento de raízes, olho e lenticela, em ordem decrescente, sendo a ordem 1 a melhor, além da correlação das notas dos dois avaliadores e o intervalo de confiança pelo método de Pearson. UFLA, Lavras, MG, 2020. (continua)

Ordem	Formato geral					Padrão comercial				
	Genótipo	Cor da casca	Cor da polpa	Nota	GS (nota)	Genótipo	Cor da casca	Cor da polpa	Nota	GS (nota)
1	Beauregard	Rosa	Laranja	2,21	-1,08	Beauregard	Rosa	Laranja	2,39	-0,88
2	2018-19-443	Rosa	Creme	2,39	-0,90	2018-54-1137	Rosa	Branca/Roxa	2,43	-0,84
3	2018-19-464	Rosa	Creme	2,44	-0,85	2018-19-464	Rosa	Creme	2,50	-0,77
4	2018-36-807	Creme	Creme	2,46	-0,83	2018-72-1428	Rosa	Creme	2,53	-0,75
5	2018-54-1137	Rosa	Branca/Roxa	2,52	-0,77	2018-36-807	Creme	Creme	2,58	-0,70
6	2018-72-1376	Rosa	Branca/Roxa	2,58	-0,71	2018-28-556	Creme	Creme	2,67	-0,61
7	2018-31-671	Rosa	Creme	2,60	-0,69	2018-65-1249	Rosa	Branca	2,69	-0,58
8	2018-31-666	Rosa	Creme/Roxa	2,65	-0,64	2018-72-1418	Roxa	Roxa/Branca	2,75	-0,53
9	2018-54-1114	Rosa	Creme	2,74	-0,55	2018-19-443	Rosa	Creme	2,75	-0,52
10	2018-55-1156	Laranja acastanhada	Creme/Roxa	2,77	-0,52	2018-15-276	Creme	Creme	2,75	-0,52
11	2018-14-259	Rosa	Amarela	2,78	-0,51	2018-72-1376	Rosa	Branca/Roxa	2,76	-0,51
12	2018-72-1418	Roxa	Roxa/Branca	2,82	-0,47	2018-31-666	Rosa	Creme/Roxa	2,77	-0,51
13	2018-72-1409	Roxa	Roxa/Branca	2,83	-0,46	2018-72-1388	Rosa	Branca/Roxa	2,78	-0,50
14	2018-72-1428	Rosa	Creme	2,84	-0,45	2018-19-435	Rosa	Branca/Roxa	2,81	-0,47
15	2018-19-455	Creme	Branca/Roxa	2,86	-0,43	2018-14-260	Creme	Creme	2,82	-0,45
∴	∴	∴	∴	∴	∴	∴	∴	∴	∴	∴
20	2018-15-276	Creme	Creme	2,97	-0,32	2018-72-1432	Roxa	Roxa/Branca	2,92	-0,36
∴	∴	∴	∴	∴	∴	∴	∴	∴	∴	∴
30	2018-74-1489	Rosa	Creme	3,14	-0,15	2018-29-598	Creme	Amarela	3,02	-0,25
∴	∴	∴	∴	∴	∴	∴	∴	∴	∴	∴
40	2018-15-322	Rosa	Creme	3,23	-0,06	2018-8-238	Creme	Creme	3,17	-0,11
∴	∴	∴	∴	∴	∴	∴	∴	∴	∴	∴
50	2018-35-762	Rosa	Amarela	3,28	-0,01	2018-74-1489	Rosa	Creme	3,24	-0,03
∴	∴	∴	∴	∴	∴	∴	∴	∴	∴	∴
60	2018-54-1105	Creme	Creme	3,36	0,06	Brazlândia Roxa	Rosa	Creme	3,34	0,06
∴	∴	∴	∴	∴	∴	∴	∴	∴	∴	∴
70	2018-53-1038	Creme	Creme/Roxa	3,50	0,21	2018-36-806	Rosa	Creme	3,53	0,26
∴	∴	∴	∴	∴	∴	∴	∴	∴	∴	∴
80	2018-38-941	Rosa	Creme	3,66	0,36	2018-28-514	Rosa	Creme	3,68	0,41

Tabela 4 - Ordenamento das estimativas dos valores genotípicos de clones para as características: formato geral, padrão comercial, agrupamento de raízes, olho e lenticela, em ordem decrescente, sendo a ordem 1 a melhor, além da correlação das notas dos dois avaliadores e o intervalo de confiança pelo método de Pearson. UFPA, Lavras, MG, 2020. (continua)

Ordem	Formato geral					Padrão comercial				
	Genótipo	Cor da casca	Cor da polpa	Nota	GS (nota)	Genótipo	Cor da casca	Cor da polpa	Nota	GS (nota)
∴	∴	∴	∴	∴	∴	∴	∴	∴	∴	∴
90	2018-37-864	Creme	Creme	3,81	0,52	2018-72-1389	Roxa	Roxa/Branca	3,79	0,51
∴	∴	∴	∴	∴	∴	∴	∴	∴	∴	∴
100	2018-31-713	Rosa	Creme/Roxa	4,63	1,34	2018-74-1479	Amarela	Creme	4,20	0,92
	Média			3,29					3,28	
	Correlação das notas		0,85					0,82		
	Intervalo de segurança		0,82 - 0,88					0,77 - 0,85		
Ordem	Agrupamento de raízes					Olho				
	Genótipo	Cor da casca	Cor da polpa	Nota	GS (nota)	Genótipo	Cor da casca	Cor da polpa	Nota	GS (nota)
1	2018-65-1249	Rosa	Branca	4,25	-1,41	Beauregard	Rosa	Laranja	0,04	-0,57
2	2018-54-1137	Rosa	Branca/Roxa	4,38	-1,28	2018-72-1407	Roxa	Roxa/Branca	0,09	-0,52
3	Beauregard	Rosa	Laranja	4,41	-1,25	2018-31-713	Rosa	Creme/Roxa	0,14	-0,48
4	2018-15-276	Creme	Creme	4,44	-1,23	2018-19-435	Rosa	Branca/Roxa	0,15	-0,46
5	Brazlândia Roxa	Rosa	Creme	4,53	-1,14	2018-72-1438	Roxa	Roxa/Branca	0,16	-0,45
6	2018-72-1448	Roxa	Roxa/Branca	4,58	-1,09	2018-14-260	Creme	Creme	0,17	-0,44
7	2018-28-556	Creme	Creme	4,60	-1,06	2018-54-1082	Creme	Creme	0,23	-0,39
8	2018-36-807	Creme	Creme	4,63	-1,03	2018-74-1479	Amarela	Creme	0,24	-0,38
9	2018-67-1323	Creme	Creme	4,67	-1,00	2018-31-689	Rosa	Creme	0,26	-0,36
10	2018-72-1429	Rosa	Roxa/Branca	4,68	-0,98	2018-19-389	Rosa	Creme	0,26	-0,35
11	2018-14-260	Creme	Creme	4,72	-0,95	2018-1-28	Laranja acastanhada	Creme	0,28	-0,34
12	2018-72-1388	Rosa	Branca/Roxa	4,77	-0,89	2018-72-1434	Roxa	Roxa/Branca	0,29	-0,33
13	2018-19-464	Rosa	Creme	4,79	-0,87	2018-8-238	Creme	Creme	0,29	-0,32
14	2018-72-1432	Roxa	Roxa/Branca	4,81	-0,86	2018-8-237	Creme	Creme	0,31	-0,31
15	2018-19-445	Creme	Creme	4,81	-0,85	2018-65-1252	Rosa	Creme	0,32	-0,30
∴	∴	∴	∴	∴	∴	∴	∴	∴	∴	∴
20	UFVJM-61	Rosa	Creme	4,97	-0,69	2018-8-181	Rosa	Creme	0,35	-0,26
∴	∴	∴	∴	∴	∴	∴	∴	∴	∴	∴

Tabela 4 - Ordenamento das estimativas dos valores genotípicos de clones para as características: formato geral, padrão comercial, agrupamento de raízes, olho e lenticela, em ordem decrescente, sendo a ordem 1 a melhor, além da correlação das notas dos dois avaliadores e o intervalo de confiança pelo método de Pearson. UFPA, Lavras, MG, 2020. (continua)

Ordem	Agrupamento de raízes					Olho				
	Genótipo	Cor da casca	Cor da polpa	Nota	GS (nota)	Genótipo	Cor da casca	Cor da polpa	Nota	GS (nota)
30	2018-55-1156	Laranja	Creme/Roxa	5,22	-0,44	2018-22-474	Rosa	Creme	0,44	-0,18
∴	∴	∴	∴	∴	∴	∴	∴	∴	∴	∴
40	2018-72-1408	Rosa	Branca/Roxa	5,52	-0,14	2018-67-1323	Creme	Creme	0,54	-0,07
∴	∴	∴	∴	∴	∴	∴	∴	∴	∴	∴
50	2018-74-1489	Rosa	Creme	5,68	0,02	2018-61-1163	Creme	Creme/Roxa	0,65	0,04
∴	∴	∴	∴	∴	∴	∴	∴	∴	∴	∴
60	2018-15-299	Rosa	Creme	5,91	0,25	2018-54-1114	Rosa	Creme	0,77	0,15
∴	∴	∴	∴	∴	∴	∴	∴	∴	∴	∴
70	2018-1-89	Amarela	Creme	6,07	0,41	2018-72-1381	Rosa	Creme/Roxa	0,85	0,24
∴	∴	∴	∴	∴	∴	∴	∴	∴	∴	∴
80	2018-8-237	Creme	Creme	6,30	0,64	2018-72-1401	Roxa	Roxa/Branca	0,96	0,34
∴	∴	∴	∴	∴	∴	∴	∴	∴	∴	∴
90	2018-1-28	Laranja acastanhada	Creme	6,62	0,96	2018-31-672	Rosa	Creme	1,10	0,49
∴	∴	∴	∴	∴	∴	∴	∴	∴	∴	∴
100	2018-28-514	Rosa	Creme	7,47	1,80	2018-74-1512	Rosa	Amarela/Laranja	1,40	0,79
	Média			5,66					0,62	
	Correlação das notas		0,88				0,75			
	Intervalo de segurança		0,85 - 0,90				0,70 - 0,80			

Ordem	Lenticela				
	Genótipo	Cor da casca	Cor da polpa	Nota	GS (nota)
1	2018-1-89	Amarela	Creme	0,88	-0,86
2	2018-46-995	Rosa	Creme	0,89	-0,85
3	2018-19-455	Creme	Branca/Roxa	0,89	-0,85
4	UFVJM-61	Rosa	Creme	0,90	-0,84
5	2018-72-1438	Roxa	Roxa/Branca	0,98	-0,75
6	2018-31-713	Rosa	Creme/Roxa	0,99	-0,74

Tabela 4 - Ordenamento das estimativas dos valores genotípicos de clones para as características: formato geral, padrão comercial, agrupamento de raízes, olho e lenticela, em ordem decrescente, sendo a ordem 1 a melhor, além da correlação das notas dos dois avaliadores e o intervalo de confiança pelo método de Pearson. UFPA, Lavras, MG, 2020. (continua)

Ordem	Lenticela				
	Genótipo	Cor da casca	Cor da polpa	Nota	GS (nota)
7	2018-54-1114	Rosa	Creme	1,15	-0,59
8	2018-19-435	Rosa	Branca/Roxa	1,17	-0,57
9	2018-38-946	Rosa	Creme	1,17	-0,57
10	2018-1-28	Laranja acastanhada	Creme	1,19	-0,55
11	2018-38-941	Rosa	Creme	1,21	-0,53
12	2018-67-1323	Creme	Creme	1,22	-0,52
13	Princesa	Creme	Creme	1,25	-0,49
14	2018-36-840	Roxa	Creme	1,25	-0,48
15	UFVJM-58	Creme	Creme	1,26	-0,48
...	...	...	...	...	...
20	2018-53-1032	Rosa	Creme	1,39	-0,34
...	...	...	...	...	...
30	2018-19-387	Creme	Branca	1,50	-0,23
...	...	...	...	...	...
40	2018-72-1472	Rosa	Creme/Roxa	1,60	-0,14
...	...	...	...	...	...
50	2018-74-1479	Amarela	Creme	1,72	-0,01
...	...	...	...	...	...
60	2018-72-1448	Roxa	Roxa/Branca	1,84	0,11
...	...	...	...	...	...
70	2018-28-556	Creme	Creme	1,96	0,23
...	...	...	...	...	...
80	2018-61-1163	Creme	Creme/Roxa	2,11	0,38
...	...	...	...	...	...
90	2018-36-807	Creme	Creme	2,26	0,53
...	...	...	...	...	...

Tabela 4 - Ordenamento das estimativas dos valores genotípicos de clones para as características: formato geral, padrão comercial, agrupamento de raízes, olho e lenticela, em ordem decrescente, sendo a ordem 1 a melhor, além da correlação das notas dos dois avaliadores e o intervalo de confiança pelo método de Pearson. UFPA, Lavras, MG, 2020. (conclusão)

Ordem	Lenticela				
	Genótipo	Cor da casca	Cor da polpa	Nota	GS (nota)
100	2018-29-598	Creme	Amarela	2,78	1,05
	Média			1,74	
	Correlação das notas		0,75		
	Intervalo de segurança		0,70 - 0,80		

Genótipo: a nomeação consiste no ano de obtenção do genótipo, em seguida, a família pertencente e a parcela onde o genótipo estava no experimento em que foi testado; Cor da polpa: quando descrita duas cores, a primeira é a cor predominante e a segunda é a cor secundária; BLUP: estimativa do modelo misto; Nota: nota média estimada para o genótipo; GS: ganho de seleção; Média: média da população. Escala de notas: **formato geral**: 1 = formato fusiforme; 2 = formato próximo ao fusiforme; 3 = formato desuniforme; 4 = formato ruim ao comércio, com rachaduras; 5 = formato sem comercialização, com muitas deformações; **padrão comercial**: 1 = melhor padrão comercial; 2 = bom padrão comercial; 3 = padrão que prejudica medianamente a comercialização; 4 = padrão que prejudica muito a comercialização; 5 = pior padrão comercial; **agrupamento de raízes**: 3 = fechado; 5 = aberto; 7 = disperso; 9 = muito disperso; **olho**: 0 = ausência de olhos; 1 = poucos olhos; 2 = presença mediana de olhos; 3 = muitos olhos; **lenticela**: 0 = ausência de lenticelas; 1 = poucas e pequenas; 2 = presença mediana; 3 = muitas lenticelas.

Fonte: Da autora (2020).

O agrupamento de raízes (TABELA 2) foi fortemente afetado pela variância ambiental (43,02%), resultando em baixa herdabilidade (7,94%). Isso ocorreu porque no experimento, o mesmo genótipo apresentou variações de agrupamento nas diferentes repetições, devido principalmente às variações do solo, como compactação das leiras proveniente do longo período do experimento no campo. Assim, mesmo com o agrupamento aberto sendo predominante entre os melhores genótipos do *ranking*, constatou-se que haviam genótipos que apresentaram agrupamento fechado em algumas repetições. Logo, esses ganhos podem representar, ao longo dos ciclos de seleção, a obtenção de genótipos com agrupamento fechado. As notas apresentaram boa representatividade, visto que a correlação entre as notas dos avaliadores foi alta (0,88), com intervalo de segurança de 0,85 a 0,90.

Para agrupamento de raízes, o melhor genótipo foi o 2018-65-1249, com a disposição das raízes próxima à aberta (4,25) (TABELA 4). Entretanto, esse genótipo não foi selecionado como um dos melhores para essa característica no trabalho de Silva (2019). Este autor selecionou 60 genótipos de batata-doce aptos para aptidões de produção de etanol, alimentação animal e consumo humano, destes, 14 genótipos apresentaram agrupamento fechado. Contudo, dos 14 genótipos, apenas o 2018-65-1252 foi avaliado neste estudo, porém não se destacou entre os 15 melhores. Este genótipo foi alocado na 81ª posição, com um agrupamento tendendo ao disperso.

Raízes com agrupamento entre fechado e aberto facilitam a colheita mecanizada e, por isso, estão sendo priorizadas nesse programa de melhoramento genético. Já quando o agrupamento de raízes é disperso ou muito disperso, podem ser utilizada para outra finalidade como para a alimentação animal exclusivamente através das ramas (SILVA, 2019).

A característica olho apresentou notas entre 0,04 e 0,32 para os 15 melhores genótipos, que correspondem a ausência de olhos (TABELA 4). Esses genótipos apresentaram melhorias entre 48,39% a 93,55% em relação a média da população (0,62), que apresentou poucos olhos. Os ganhos de seleção para os melhores genótipos foram entre -0,57 e -0,30, valor considerado baixo. A correlação entre as notas dos avaliadores foi de 0,75, com o intervalo de segurança de 0,70 a 0,80. De acordo com relatos de produtores de batata-doce, os consumidores requerem raízes livres de olhos.

Para a característica lenticela, os 15 melhores genótipos no ranqueamento, apresentaram notas entre 0,88 até 1,26, que correspondem à raízes com poucas e pequenas lenticelas, com ganhos de seleção entre -0,86 e -0,48 (TABELA 4). A média geral da população (1,74) indicou presença mediana de lenticelas. A correlação entre as notas dos avaliadores foi de 0,75, com o intervalo de segurança de 0,70 a 0,80.

Na Figura 1 observa-se que há picos de precipitações em todos os meses do experimento, sendo os dois maiores picos em abril, no primeiro mês do experimento, e em setembro, no último mês do experimento, com aproximadamente 35 mm e 30 mm, respectivamente. O excesso de umidade no solo faz com que as células abaixo da lenticela se dividam e se empurrem para fora através da abertura da lenticela (SMITH, 2012).

Considerando os 15 melhores genótipos para as características qualitativas, o genótipo que se destacou na maioria das características foi a Beauregard com formato geral próximo ao fusiforme (2,20), bom padrão comercial (2,39), agrupamento aberto de raízes (4,41) e ausência de olhos (0,04). Em seguida, os genótipos que se destacaram em três características foram 2018-19-464, 2018-36-807 e 2018-54-1137 com formato geral próximo ao fusiforme (2,44, 2,46 e 2,52, respectivamente), padrão comercial próximo ao bom (2,50, 2,58 e 2,43, respectivamente) e agrupamento aberto de raízes (4,79, 4,63 e 4,38, respectivamente); e 2018-19-435 em padrão que prejudica medianamente a comercialização (2,81), ausência de olhos (0,15) e poucas e pequenas lenticelas (1,17).

Apesar das baixas herdabilidades para as características qualitativas, os genótipos selecionados apresentam potencial para melhorar seu desempenho no decorrer dos ciclos de seleção recorrente, recomendando-se inclusive a testagem dos mesmos em outras localidades.

Os genótipos que se destacaram em duas características foram o 2018-19-443, 2018-31-666, 2018-72-1418, 2018-72-1428 e 2018-72-1376 com formato geral próximo ao fusiforme até tendendo ao desuniforme (2,39, 2,65, 2,82, 2,84 e 2,58, respectivamente) e padrão que prejudica medianamente a comercialização (2,75, 2,77, 2,75, 2,53 e 2,76, respectivamente); 2018-28-556, 2018-72-1388, 2018-15-276 e 2018-65-1249 com padrão que prejudica medianamente a comercialização (2,67, 2,78, 2,75 e 2,69, respectivamente) e agrupamento aberto de raízes (4,60, 4,77, 4,44 e 4,25, respectivamente); 2018-19-455 e 2018-54-1114 com formato geral desuniforme (2,86 e 2,74, respectivamente) e poucas e pequenas lenticelas (0,89 e 1,15, respectivamente); 2018-67-1323 com agrupamento aberto de raízes (4,67) e poucas e pequenas lenticelas (1,22); e 2018-72-1438, 2018-31-713 e 2018-1-28 com ausência de olhos (0,16, 0,14 e 0,28, respectivamente) e poucas e pequenas lenticelas (0,98, 0,99 e 1,19, respectivamente). Porém, o genótipo 2018-31-713 apresentou o pior formato de raízes (4,64), fora do exigido pelo mercado, com muitas raízes deformadas, e consequentemente, está entre os dois piores genótipos quanto ao padrão comercial.

No mais, os genótipos 2018-72-1409 e 2018-72-1432, que também se destacaram em características qualitativas, se destacaram em apenas uma característica qualitativa, sendo formato geral desuniforme (2,83) e agrupamento aberto de raízes (4,80), respectivamente.

Além de avaliar separadamente as características de produtividade e de qualidade de raízes, a avaliação conjunta desses grupos de características se faz mais importante para atender as necessidades do mercado. Assim, considerando o ranqueamento dos 15 melhores genótipos, aqueles que apresentam boas características para a alimentação humana são os que envolvem a produtividade de raízes comerciais atreladas à qualidade de raízes, sendo imprescindíveis para a seleção (GONÇALVES NETO *et al.*, 2012). Além disso, a seleção de genótipos com alta produtividade de ramas devem ser preferidas, visto que estas podem ser utilizadas para a alimentação animal (VIANA *et al.*, 2011) e, assim, aproveitando toda a planta.

Na Tabela 5 é possível visualizar as estimativas REML/BLUP que darão suporte, a seguir, à interpretação dos gráficos, visto que o ordenamento dos genótipos nos gráficos seguem o mesmo desta tabela. Assim, os melhores genótipos para as características quantitativas são representados pelos maiores valores estimados pelo REML/BLUP. Já para as características qualitativas, os menores valores são os melhores, com exceção da variável padrão comercial, em que os maiores valores são melhores.

Tabela 5 - Estimativas REML/BLUP, média e desvio padrão para as características: produtividade de raízes totais, produtividade de raízes comerciais, produtividade de massa seca de raízes totais, produtividade de massa seca de raízes comerciais, produtividade de parte aérea, produtividade de massa seca de parte aérea, formato geral, padrão comercial, agrupamento de raízes, olho e lenticela. UFLA, Lavras, MG, 2020. (continua)

Ordem	Genótipo	PRT	PRC	PMSRT	PMSRC	PPA	PMSPA	FG	PC	AG	O	L
1	2018-31-713	-5,47	-2,88	-2,53	-1,57	2,02	1,67	0,84	0,66	0,13	-0,89	-0,72
2	2018-74-1479	-5,12	-2,60	-2,26	-1,39	0,62	0,66	0,52	0,68	0,66	-0,64	-0,01
3	2018-72-1401	-4,60	-1,24	-2,36	-0,80	0,51	0,34	0,34	0,13	0,47	0,40	0,25
4	2018-36-840	-4,44	-1,59	-1,36	-0,70	0,69	0,69	0,27	0,34	0,27	-0,29	-0,46
5	2018-19-387	-4,41	-1,77	-2,07	-1,09	-0,53	-0,31	0,49	0,48	0,38	0,19	-0,22
6	2018-72-1476	-4,30	-1,93	-1,81	-1,10	0,36	0,13	0,24	0,39	0,52	-0,42	-0,19
7	2018-31-689	-4,22	-2,41	-1,72	-1,29	0,90	0,83	0,12	0,30	0,09	-0,59	0,22
8	2018-74-1481	-3,39	-0,19	-1,39	-0,02	-0,68	-0,46	-0,07	0,11	0,04	0,41	-0,03
9	2018-8-198	-3,19	-2,68	-1,45	-1,67	0,06	0,01	0,56	0,15	0,50	0,80	0,26
10	2018-1-28	-3,10	-1,64	-1,51	-1,00	0,46	0,21	0,00	0,44	0,41	-0,55	-0,53
11	2018-15-268	-2,85	-1,45	-1,35	-0,90	-0,09	0,31	0,49	0,57	0,46	0,23	-0,22
12	2018-36-806	-2,83	-0,68	-1,31	-0,40	0,19	0,10	-0,24	0,19	0,29	-0,20	-0,21
13	2018-54-1082	-2,63	0,09	-1,35	0,01	-0,97	-0,80	0,32	0,28	-0,37	-0,66	-0,29
14	2018-65-1252	-2,57	-0,95	-1,09	-0,48	1,10	0,97	0,27	0,38	0,28	-0,47	-0,10
15	2018-72-1438	-2,44	-0,74	-0,88	-0,30	2,03	1,56	0,22	0,36	0,32	-0,82	-0,73
16	2018-19-391	-2,31	0,21	-1,06	0,08	0,09	0,13	-0,12	0,21	-0,01	-0,29	0,27
17	2018-28-514	-2,21	-1,70	-1,01	-0,96	0,64	0,50	0,02	0,30	0,75	0,25	0,32
18	2018-1-89	-1,92	-1,81	-0,82	-1,01	0,22	0,19	0,39	-0,08	0,18	0,55	-0,83
19	2018-37-864	-1,89	-1,59	-0,66	-0,99	0,67	0,59	0,34	0,44	-0,04	0,75	0,49
20	2018-38-946	-1,62	-0,18	-0,78	-0,14	1,05	1,03	-0,10	-0,04	0,57	-0,31	-0,54
21	2018-38-941	-1,50	-1,15	-0,79	-0,57	-0,01	0,03	0,24	0,25	0,22	0,62	-0,51
22	Uruguiana	-1,45	0,26	-1,66	-0,25	-1,71	-1,07	-0,19	0,03	-0,34	-0,21	-0,25
23	2018-15-277	-1,44	-0,31	-0,48	-0,10	-0,85	-0,78	0,13	0,01	-0,14	0,22	0,18
24	2018-19-389	-1,42	0,33	-0,46	0,28	0,74	0,51	-0,03	-0,21	-0,07	-0,58	-0,28
25	2018-46-1011	-1,39	-0,61	-0,83	-0,43	-0,59	-0,45	-0,01	-0,05	0,24	0,06	-0,25
26	2018-37-869	-1,36	0,44	-0,47	0,34	0,64	0,42	-0,18	0,08	0,14	0,22	0,59
27	2018-55-1156	-1,36	0,47	-0,54	0,34	-0,06	-0,05	-0,36	-0,03	-0,20	-0,12	0,10
28	2018-19-436	-1,14	-1,74	-0,84	-1,16	-0,77	-0,63	0,35	0,29	0,21	-0,47	0,40

Tabela 5 – Estimativas REML/BLUP, média e desvio padrão para as características: produtividade de raízes totais, produtividade de raízes comerciais, produtividade de massa seca de raízes totais, produtividade de massa seca de raízes comerciais, produtividade de parte aérea, produtividade de massa seca de parte aérea, formato geral, padrão comercial, agrupamento de raízes, olho e lenticela. UFLA, Lavras, MG, 2020. (continua)

Ordem	Genótipo	PRT	PRC	PMSRT	PMSRC	PPA	PMSPA	FG	PC	AG	O	L
29	2018-31-671	-1,12	0,26	-0,27	0,27	-0,27	-0,17	-0,48	-0,01	-0,03	0,44	0,04
30	2018-14-262	-1,12	0,04	-0,43	0,11	-0,49	-0,54	-0,06	-0,22	0,35	-0,09	0,74
31	2018-72-1380	-0,95	0,18	-0,29	0,19	0,17	0,12	0,01	0,06	-0,22	0,34	0,01
32	Beauregard	-0,90	1,74	-1,52	0,46	-2,33	-1,71	-0,77	-0,70	-0,59	-1,29	-0,34
33	2018-74-1489	-0,83	0,55	-0,48	0,32	-0,21	-0,10	-0,10	-0,02	0,01	0,00	-0,09
34	2018-74-1527	-0,75	-0,58	-0,68	-0,44	-0,63	-0,44	0,16	0,38	0,13	0,52	0,10
35	2018-8-237	-0,71	-1,08	-0,28	-0,64	-0,17	-0,21	0,27	0,19	0,28	-0,49	-0,16
36	BRS Amélia	-0,67	0,39	-0,61	0,13	-1,12	-0,74	-0,20	-0,10	-0,10	0,19	0,21
37	2018-8-181	-0,64	0,20	-0,30	0,10	0,83	0,67	0,20	0,32	0,01	-0,40	0,16
38	2018-5-133	-0,64	-0,35	-0,43	-0,23	1,09	0,91	0,27	0,26	0,12	0,47	-0,04
39	2018-53-1038	-0,63	0,54	0,09	0,44	0,75	0,50	0,14	-0,05	0,18	0,15	0,41
40	2018-19-445	-0,60	-0,13	-0,07	0,02	-0,49	-0,42	0,04	0,12	-0,39	0,39	0,84
41	2018-55-1157	-0,52	-1,08	-0,59	-0,74	-0,61	-0,66	-0,12	-0,06	0,33	0,20	0,03
42	2018-72-1472	-0,43	-1,13	-0,27	-0,68	-1,29	-1,04	0,21	0,38	-0,06	0,32	-0,13
43	2018-72-1434	-0,42	0,02	0,07	0,17	0,48	0,32	-0,06	0,03	0,13	-0,53	0,41
44	2018-12-252	-0,37	-0,89	-0,62	-0,66	1,79	1,51	0,29	0,31	0,08	-0,31	-0,38
45	2018-53-1032	-0,20	-0,65	0,06	-0,32	0,24	0,22	0,29	0,42	0,05	-0,16	-0,33
46	2018-46-995	-0,19	0,26	-0,21	0,10	0,69	0,50	0,00	-0,20	0,04	0,46	-0,83
47	2018-53-1069	-0,05	-0,73	0,28	-0,25	-0,68	-0,55	0,16	0,13	0,15	-0,38	-0,16
48	2018-35-762	0,01	-0,31	-0,22	-0,25	0,13	0,08	-0,01	-0,20	0,47	0,06	0,31
49	2018-22-474	0,10	-0,15	-0,22	-0,20	0,41	0,34	-0,17	0,04	0,23	-0,26	0,42
50	2018-72-1407	0,12	1,00	0,07	0,59	0,02	-0,03	-0,02	-0,24	0,12	-1,06	-0,19
51	2018-55-1153	0,13	-1,20	0,30	-0,67	0,71	0,57	0,17	0,31	-0,11	-0,04	0,76
52	2018-61-1163	0,24	-0,07	0,10	-0,07	0,39	0,24	-0,03	-0,11	0,49	0,05	0,35
53	2018-14-260	0,28	-0,49	-0,18	-0,40	-0,39	-0,39	-0,08	-0,35	-0,44	-0,80	0,17
54	2018-15-322	0,41	0,71	0,09	0,35	-0,08	-0,10	-0,04	0,03	-0,03	0,42	-0,32
55	Princesa	0,43	-0,55	0,09	-0,37	-0,24	-0,31	0,00	0,04	-0,24	0,49	-0,47
56	2018-35-764	0,43	-0,54	0,58	-0,25	-0,78	-0,55	0,26	0,23	0,35	0,57	0,04
57	2018-68-1361	0,57	-0,14	-0,10	-0,16	-0,66	-0,57	-0,26	-0,19	0,17	-0,22	0,50

Tabela 5 – Estimativas REML/BLUP, média e desvio padrão para as características: produtividade de raízes totais, produtividade de raízes comerciais, produtividade de massa seca de raízes totais, produtividade de massa seca de raízes comerciais, produtividade de parte aérea, produtividade de massa seca de parte aérea, formato geral, padrão comercial, agrupamento de raízes, olho e lenticela. UFLA, Lavras, MG, 2020. (continua)

Ordem	Genótipo	PRT	PRC	PMSRT	PMSRC	PPA	PMSPA	FG	PC	AG	O	L
58	2018-53-1031	0,61	-0,32	0,27	-0,20	0,49	0,33	0,04	-0,09	0,02	0,24	-0,30
59	2018-74-1512	0,65	-0,25	0,07	-0,20	-0,58	-0,51	0,13	0,19	0,19	0,80	-0,18
60	2018-67-1323	0,66	-0,31	0,72	-0,08	-1,97	-1,38	-0,09	0,11	-0,46	-0,10	-0,50
61	Brazlândia Roxa	0,66	1,24	0,77	0,89	0,07	0,07	-0,19	0,05	-0,53	-0,10	-0,21
62	2018-14-259	0,69	0,30	0,13	0,09	-0,72	-0,60	-0,35	-0,22	-0,28	-0,05	-0,31
63	2018-1-36	0,75	0,33	0,11	0,12	-0,36	-0,28	0,08	-0,01	-0,05	0,28	-0,30
64	2018-67-1321	0,95	1,47	-0,09	0,65	0,08	0,06	0,10	-0,16	0,01	-0,09	-0,36
65	2018-54-1105	0,98	-0,88	0,60	-0,60	-0,35	-0,38	0,04	-0,03	-0,12	0,51	0,21
66	2018-72-1448	1,03	0,04	0,51	0,01	-0,81	-0,67	-0,03	-0,09	-0,51	0,67	0,10
67	2018-8-238	1,15	1,16	0,68	0,74	0,03	0,03	-0,01	-0,08	-0,05	-0,52	0,47
68	2018-72-1381	1,15	1,22	0,76	0,84	-0,51	-0,43	-0,29	-0,27	-0,28	0,28	0,52
69	2018-19-461	1,19	0,74	0,93	0,55	1,22	1,18	-0,24	-0,11	0,43	-0,42	0,10
70	UFVJM-57	1,19	-0,04	0,97	0,12	0,15	0,03	0,12	0,00	-0,32	0,59	0,07
71	2018-18-376	1,31	0,90	0,17	0,36	0,83	0,62	0,14	0,40	0,29	0,07	-0,28
72	2018-72-1389	1,39	0,31	0,99	0,31	-0,27	-0,23	0,04	0,38	-0,23	0,34	-0,12
73	2018-19-435	1,43	0,63	0,52	0,32	0,15	0,10	-0,06	-0,36	-0,08	-0,85	-0,55
74	2018-31-672	1,48	-0,51	1,05	-0,17	0,03	0,02	0,02	-0,14	0,20	0,54	-0,02
75	UFVJM-58	1,59	0,05	0,40	-0,06	0,23	0,07	0,16	0,28	0,30	0,30	-0,46
76	2018-72-1429	1,67	-0,49	0,84	-0,25	-0,37	-0,36	0,08	-0,04	-0,45	-0,04	-0,03
77	2018-54-1114	1,74	1,33	0,69	0,77	-0,59	-0,53	-0,38	-0,13	0,11	0,19	-0,56
78	2018-19-455	1,78	1,67	0,81	0,98	-0,36	-0,30	-0,30	-0,31	-0,24	-0,22	-0,83
79	2018-72-1388	1,82	1,03	0,57	0,47	-1,01	-0,81	-0,15	-0,39	-0,41	0,38	-0,45
80	2018-72-1428	1,89	1,98	1,17	1,28	0,45	0,45	-0,31	-0,58	0,04	-0,33	0,45
81	2018-65-1249	1,96	1,30	1,02	0,79	0,18	0,12	-0,08	-0,45	-0,67	0,30	0,02
82	2018-72-1418	2,04	1,72	0,98	1,01	0,09	0,12	-0,32	-0,41	-0,22	-0,25	0,24
83	UFVJM-61	2,16	0,93	1,02	0,56	0,46	0,36	-0,03	-0,20	-0,32	0,20	-0,82
84	2018-72-1408	2,26	1,81	1,07	1,04	0,44	0,32	-0,08	-0,23	-0,06	0,14	0,40
85	2018-15-276	2,28	0,44	1,16	0,32	0,08	-0,06	-0,22	-0,40	-0,57	-0,35	0,48
86	2018-31-666	2,32	0,56	1,46	0,48	1,28	0,92	-0,44	-0,40	-0,11	-0,17	0,67

Tabela 5 – Estimativas REML/BLUP, média e desvio padrão para as características: produtividade de raízes totais, produtividade de raízes comerciais, produtividade de massa seca de raízes totais, produtividade de massa seca de raízes comerciais, produtividade de parte aérea, produtividade de massa seca de parte aérea, formato geral, padrão comercial, agrupamento de raízes, olho e lenticela. UFLA, Lavras, MG, 2020. (conclusão)

<b>Ordem</b>	<b>Genótipo</b>	<b>PRT</b>	<b>PRC</b>	<b>PMSRT</b>	<b>PMSRC</b>	<b>PPA</b>	<b>PMSPA</b>	<b>FG</b>	<b>PC</b>	<b>AG</b>	<b>O</b>	<b>L</b>
87	2018-38-926	2,35	-0,12	0,86	-0,15	0,67	0,55	0,34	0,37	0,24	0,30	0,30
88	2018-19-443	2,40	1,82	1,06	1,04	0,26	0,38	-0,63	-0,41	-0,20	0,24	0,18
89	2018-72-1432	2,49	0,37	1,31	0,29	-0,74	-0,54	0,16	-0,28	-0,39	0,67	-0,05
90	2018-74-1507	2,55	1,57	1,57	1,10	0,63	0,50	-0,15	-0,35	-0,07	-0,41	0,21
91	2018-54-1137	2,57	1,38	1,06	0,74	-0,89	-0,72	-0,54	-0,66	-0,60	-0,39	-0,06
92	2018-36-807	2,66	1,74	1,23	1,04	-0,70	-0,57	-0,58	-0,55	-0,48	0,01	0,49
93	2018-29-598	2,82	0,76	0,99	0,31	-1,34	-1,05	-0,03	-0,19	-0,30	0,67	0,97
94	2018-72-1409	2,88	2,21	1,34	1,26	-0,35	-0,38	-0,32	-0,32	0,02	0,06	0,65
95	2018-15-299	3,19	-0,85	1,70	-0,45	-0,56	-0,50	0,36	0,44	0,11	0,06	-0,20
96	2018-55-1154	3,60	0,51	1,57	0,26	0,44	0,25	0,04	-0,06	-0,09	0,50	0,24
97	2018-72-1376	3,74	1,44	1,59	0,83	0,55	0,35	-0,49	-0,40	-0,03	-0,15	0,57
98	2018-28-556	4,34	1,29	2,06	0,76	1,15	0,91	-0,01	-0,47	-0,49	-0,39	0,21
99	2018-19-464	4,57	2,87	2,68	1,88	0,06	0,01	-0,60	-0,61	-0,40	0,35	0,12
100	2018-28-543	4,66	0,87	1,51	0,35	-1,59	-1,22	0,10	-0,31	-0,38	-0,07	0,15
Média		9,91	2,79	4,02	0,79	4,16	1,59	1,81	1,94	2,84	-0,44	0,71
Desvio Padrão		0,82	0,60	0,43	0,37	0,29	0,24	0,23	0,28	0,29	0,41	0,28

PRT: produtividade de raízes totais; PRC: produtividade de raízes comerciais; PMSRT: produtividade de massa seca de raízes totais; PMSRC: produtividade de massa seca de raízes comerciais; PPA: produtividade de parte aérea; PMSPPA: produtividade de massa seca de parte aérea; FG: formato geral; PC: padrão comercial; AG: agrupamento de raízes; O: olho; L: lenticela.

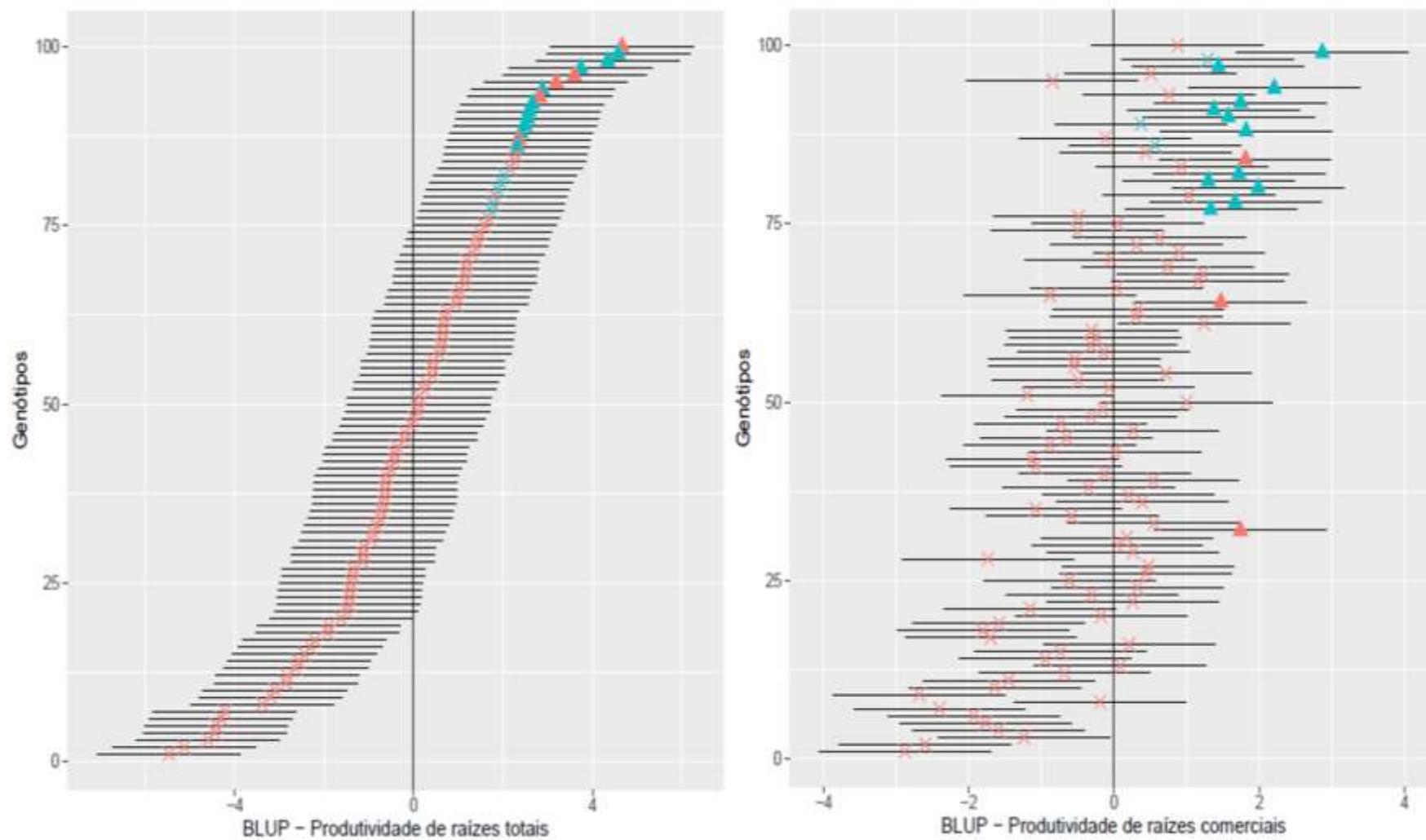
Fonte: Da autora (2020).

Os gráficos dão clareza na observação dos genótipos selecionados para cada característica, identificados nos Gráficos 1, 2, 3, 4, 5 e 6 com um triângulo. Além disso, o intuito dos gráficos é revelar aqueles melhores genótipos para as características quantitativas e qualitativas, de forma simultânea, estando identificados com símbolos em azul nos Gráficos 1, 2, 3, 4, 5 e 6.

Os genótipos 2018-19-443 (88<sup>a</sup> posição no gráfico), 2018-36-807 (92<sup>a</sup> posição), 2018-72-1409 (94<sup>a</sup> posição) e 2018-19-464 (99<sup>a</sup> posição), representados em azul nos gráficos, apresentam simultaneamente boas características quantitativas e qualitativas. Ambos apresentam uma boa produtividade de raízes totais, produtividade de raízes comerciais, produtividade de massa seca de raízes totais, produtividade de massa seca de raízes comerciais, que são destacados nos gráficos por estarem à direita, ou seja, com valores de estimativas REML/BLUP acima de 0 (GRÁFICOS 1 e 2). Além disso, o genótipo 2018-19-443 está entre os melhores em formato geral, sendo próximo ao fusiforme, e com padrão que interfere medianamente na comercialização; o 2018-36-807 e 2018-19-464 apresentaram o formato geral próximo ao fusiforme, padrão comercial próximo ao bom e agrupamento aberto de raízes; e o 2018-72-1409 está entre os melhores em formato, embora tenha tendência às raízes desuniformes. Destaca-se que essas características qualitativas possuem os menores valores REML/BLUP, à esquerda do limite 0 (GRÁFICOS 4 e 5). Vale destacar, que usualmente os produtores fazem uma seleção das raízes antes da venda do produto, o que possibilita a destinação para diferentes aptidões de uso.

O genótipo 2018-72-1376 (97<sup>a</sup> posição) apresentou boa produtividade de raízes totais, produtividade de raízes comerciais e produtividade de massa seca de raízes comerciais, como é possível observar à direita do limite nos Gráficos 1 e 2. Porém, este genótipo apresentou um formato que tende ao desuniforme e um padrão que afeta medianamente a comercialização, com o valor estimado à esquerda do limite (GRÁFICO 4). O genótipo 2018-54-1137 (91<sup>a</sup> posição), à direita do limite da estimativa, também apresentou boa produtividade de raízes totais e produtividade de raízes comerciais (GRÁFICO 1). Além disso, observa-se o genótipo à esquerda do limite para formato próximo ao fusiforme, padrão comercial bom e agrupamento aberto de raízes (GRÁFICOS 4 e 5).

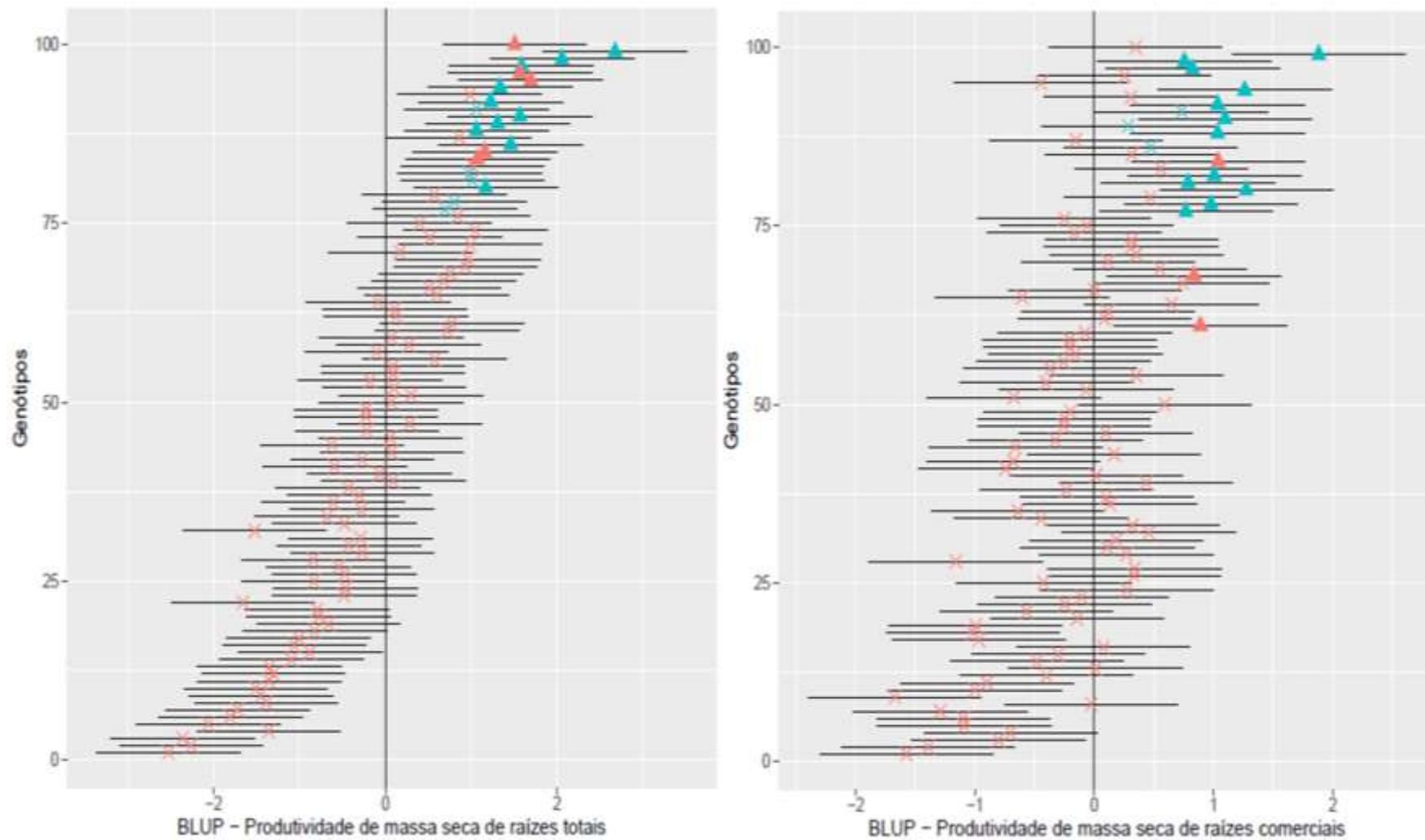
Gráfico 1 - Estimativas REML/BLUP para as características quantitativas de produtividade de raízes totais e produtividade de raízes comerciais. UFLA, Lavras, MG, 2020.



Genótipos com triângulo: 15 melhores genótipos no ranking da característica; símbolos em azul: 15 genótipos selecionados no geral para as onze características, quantitativas e qualitativas.

Fonte: Da autora (2020).

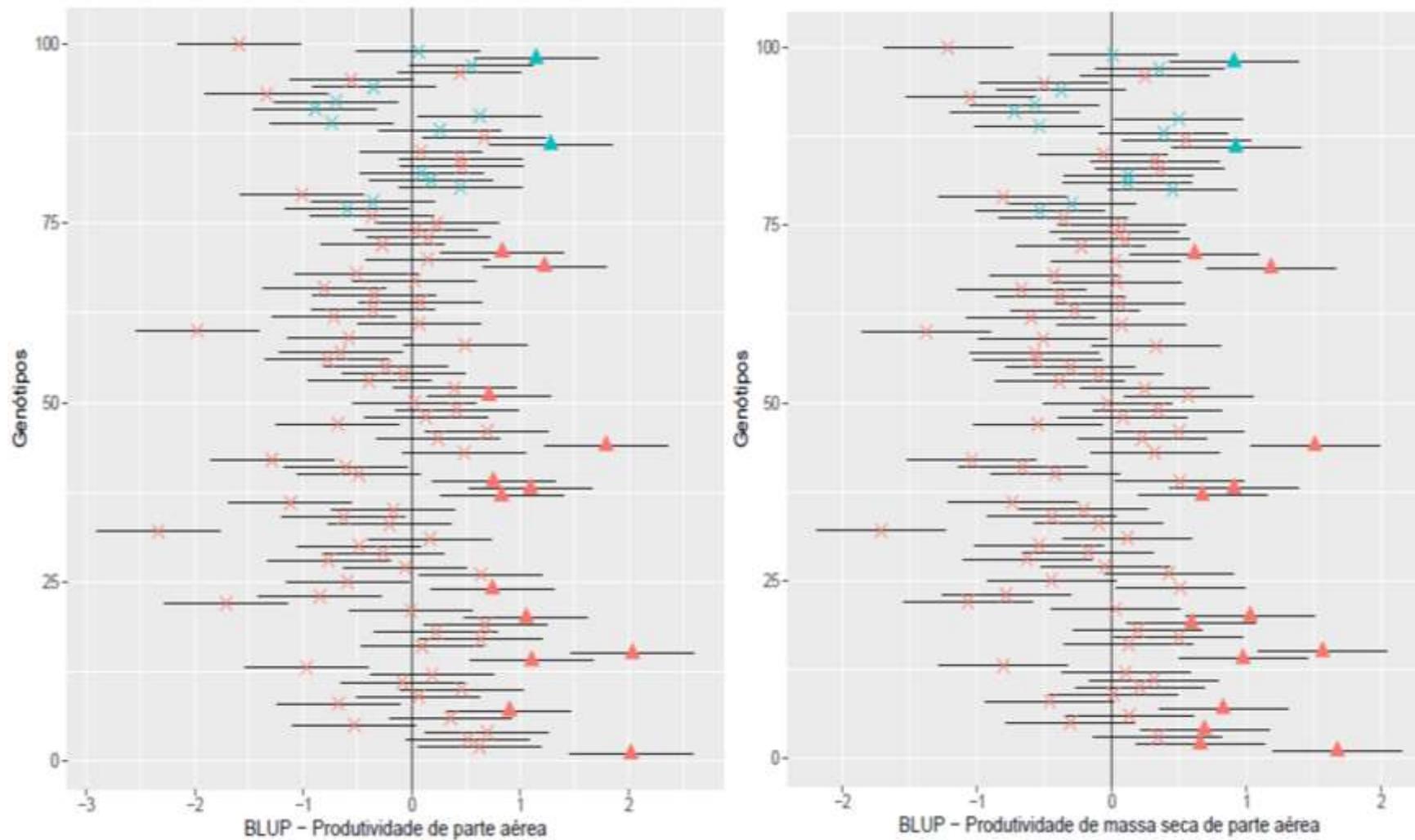
Gráfico 2 - Estimativas REML/BLUP para as características quantitativas de produtividade de massa seca de raízes totais e produtividade de massa seca de raízes comerciais. UFLA, Lavras, MG, 2020.



Genótipos com triângulo: 15 melhores genótipos no ranking da característica; símbolos em azul: 15 genótipos selecionados no geral para as onze características, quantitativas e qualitativas.

Fonte: Da autora (2020).

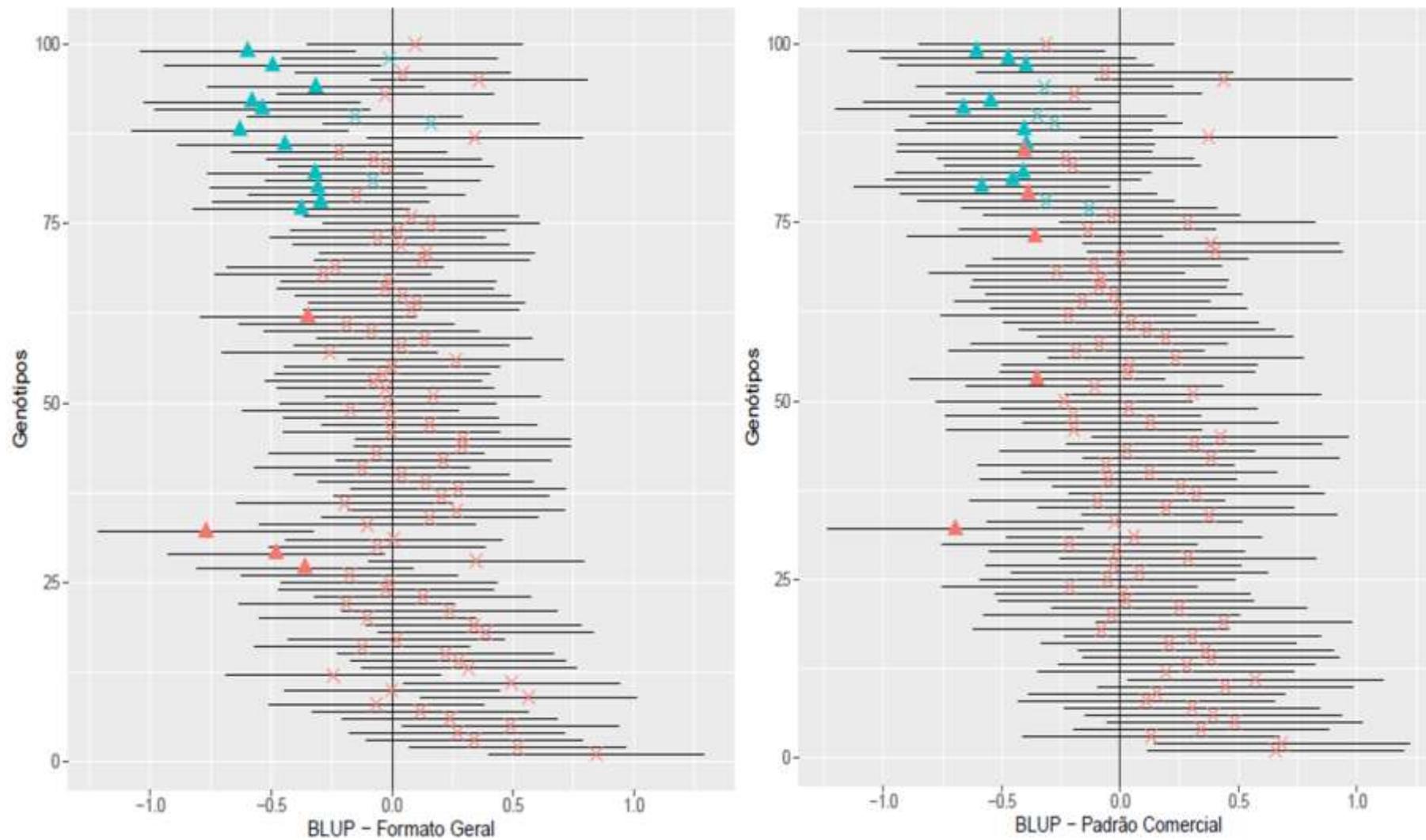
Gráfico 3 - Estimativas REML/BLUP para as características quantitativas de produtividade de parte aérea e produtividade de massa seca de parte aérea. UFLA, Lavras, MG, 2020.



Genótipos com triângulo: 15 melhores genótipos no ranking da característica; símbolos em azul: 15 genótipos selecionados no geral para as onze características, quantitativas e qualitativas.

Fonte: Da autora (2020).

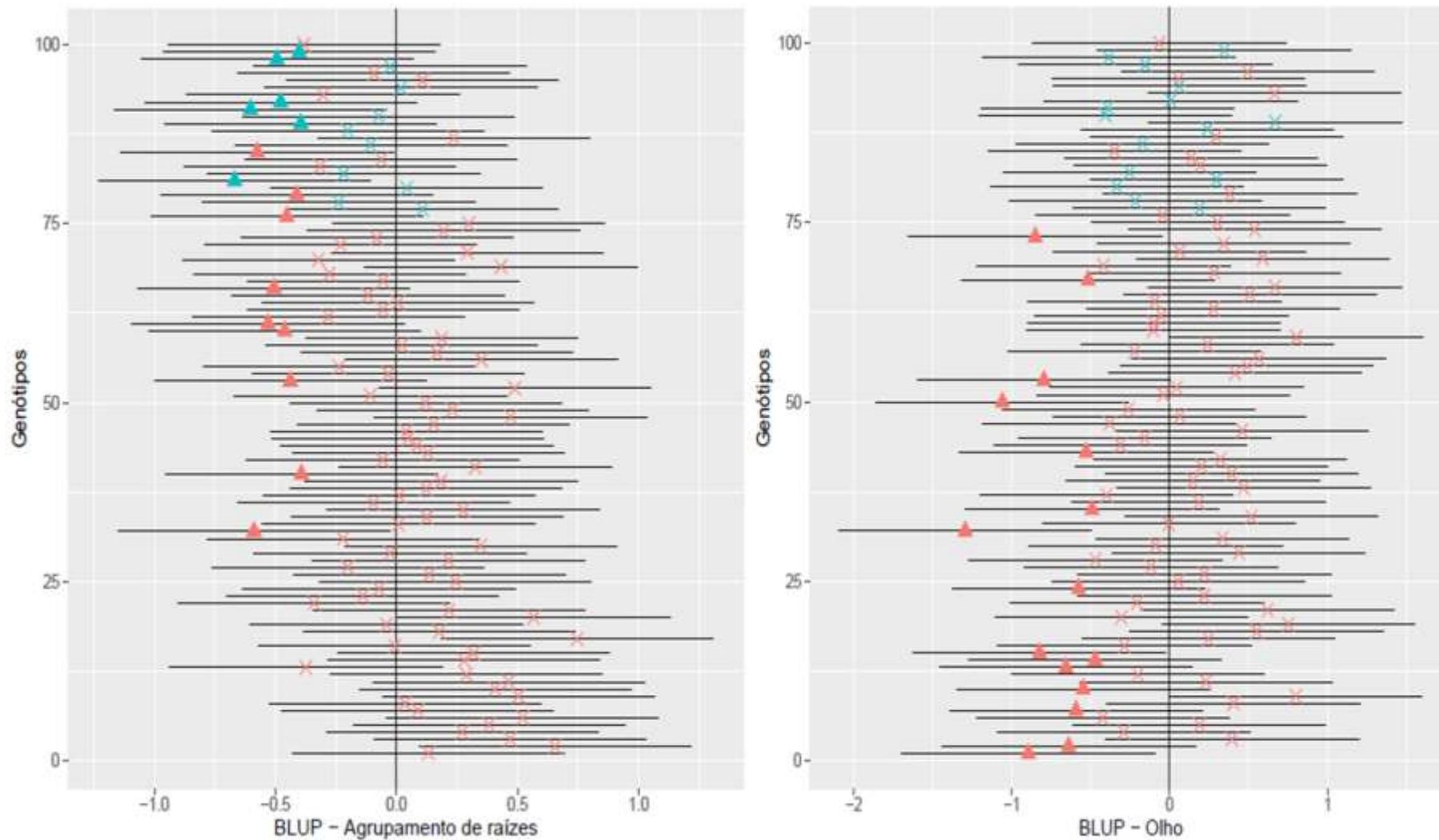
Gráfico 4 - Estimativas REML/BLUP para as características qualitativas de formato geral e padrão comercial. UFLA, Lavras, MG, 2020.



Genótipos com triângulo: 15 melhores genótipos no ranking da característica; símbolos em azul: 15 genótipos selecionados no geral para as onze características, quantitativas e qualitativas.

Fonte: Da autora (2020).

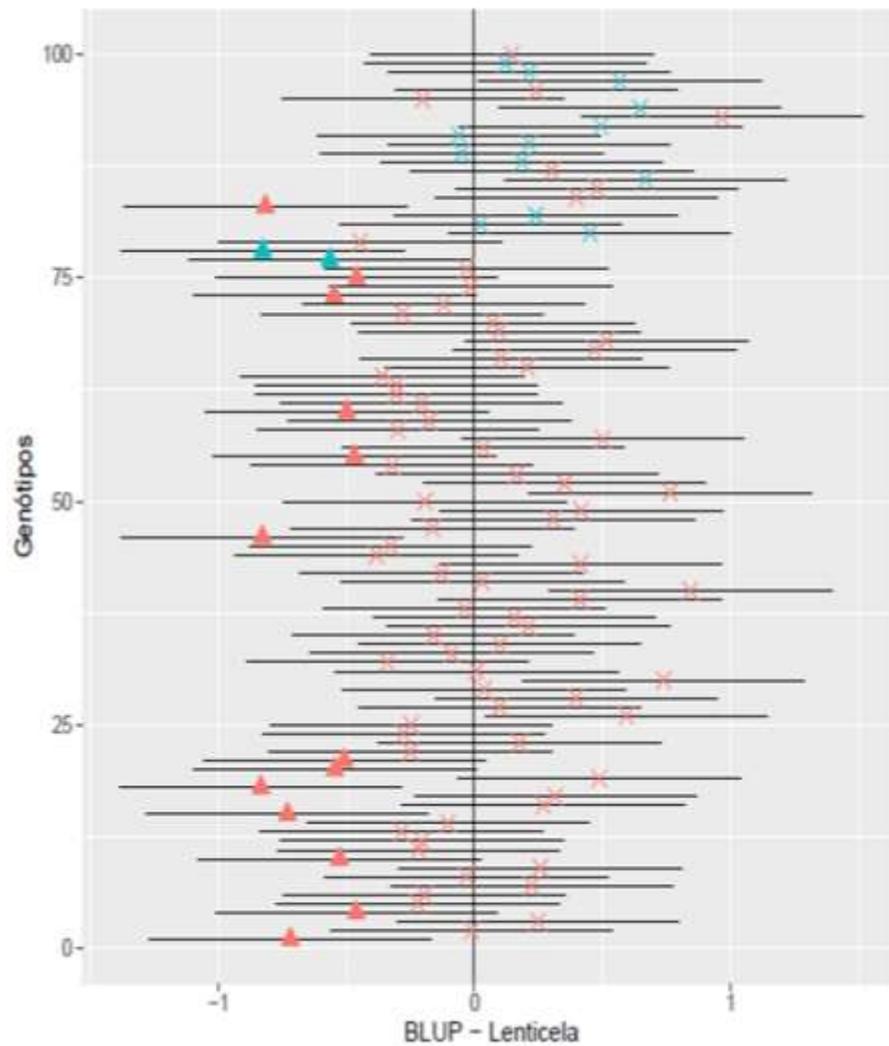
Gráfico 5 - Estimativas REML/BLUP para as características qualitativas de agrupamento de raízes e olho. UFLA, Lavras, MG, 2020.



Genótipos com triângulo: 15 melhores genótipos no ranking da característica; símbolos em azul: 15 genótipos selecionados no geral para as onze características, quantitativas e qualitativas.

Fonte: Da autora (2020).

Gráfico 6 - Estimativas REML/BLUP para a característica qualitativa lenticela. UFLA, Lavras, MG, 2020.



Genótipos com triângulo: 15 melhores genótipos no ranking da característica; símbolos em azul: 15 genótipos selecionados no geral para as onze características, quantitativas e qualitativas.

Fonte: Da autora (2020).

Embora não tenha se destacado nas características que envolvem a produtividade de raízes comerciais, o genótipo 2018-72-1432 (89ª posição), destacado à direita do limite estimado, apresentou boa produtividade de raízes totais e produtividade de massa seca de raízes totais (GRÁFICOS 1 e 2). Além de apresentar agrupamento aberto de raízes, como apontado à esquerda do limite (GRÁFICO 5). Assim, é um genótipo potencial para participar de novos ciclos de seleção recorrente.

Quanto aos melhores genótipos para as características de produtividade de raízes comerciais e produtividade de massa seca de raízes comerciais, ainda destaca-se o 2018-65-1249 (81ª posição), 2018-19-455 (78ª posição), 2018-54-1114 (77ª posição), 2018-72-1418 (82ª posição) e 2018-72-1428 (80ª posição), demonstrados à direita nos Gráficos 1 e 2. Já à esquerda do limite 0 nos gráficos, observa-se os melhores genótipos para as características qualitativas. O genótipo 2018-65-1249 se destacou em padrão comercial mediano e agrupamento de raízes próximo ao aberto (GRÁFICOS 4 e 5). Os genótipos 2018-19-455 e 2018-54-1114 com formato de raízes desuniformes e pequenas e poucas lenticelas (GRÁFICOS 4 e 6). O genótipo 2018-72-1418 com formato que tende ao desuniforme e padrão comercial com médio prejuízo a comercialização (GRÁFICO 4). O genótipo 2018-72-1428 em produtividade de massa seca de raízes totais, à direita do limite (GRÁFICO 2), e formato tendendo ao desuniforme e padrão que prejudica medianamente a comercialização, demonstrado à esquerda do limite (GRÁFICO 4).

Apenas dois genótipos apresentaram boas características tanto para produtividade de raízes quanto de parte aérea e, ainda, características qualitativas. Esses genótipos são o 2018-28-556 (98ª posição) e o 2018-31-666 (86ª posição). Ambos apresentaram-se à direita do limite nos gráficos de produtividade de raízes totais, produtividade de massa seca de raízes totais, produtividade de parte aérea e produtividade de massa seca de parte aérea (GRÁFICOS 1, 2 e 3). Além disso, o genótipo 2018-28-556, entre os genótipos mais à direita, apresentou boa produtividade de massa seca de raízes comerciais (GRÁFICOS 2), além de padrão comercial mediano e agrupamento aberto de raízes, mostrados à esquerda do limite estabelecido (Gráficos 4 e 5). O genótipo 2018-31-666, identificado à esquerda no gráfico, apresentou um formato de raízes próximo ao fusiforme e padrão que prejudica medianamente a comercialização (GRÁFICO 4).

Correlações genéticas positivas e altas foram encontradas entre produtividade de parte aérea e produtividade de massa seca de parte aérea (98,90), produtividade de raízes totais e produtividade de massa seca de raízes totais (96,20), produtividade de raízes comerciais e produtividade de massa seca de raízes comerciais (98,50), produtividade de raízes totais e

produtividade de raízes comerciais (74,60), produtividade de massa seca de raízes totais e produtividade de massa seca de raízes comerciais (74,00), produtividade de raízes totais e produtividade de massa seca de raízes comerciais (73,60) e produtividade de raízes comerciais e produtividade de massa seca de raízes totais (70,60) (TABELA 6). Andrade Júnior *et al.* (2018) também encontraram alta correlação positiva entre produtividade de raízes totais e produtividade de raízes comerciais com 92,00. Essas altas correlações são esperadas, pois estão relacionadas diretamente com a produtividade de raízes ou com a produtividade de parte aérea. Para todas essas correlações estabelecidas, o teste t demonstrou significância.

Tabela 6 - Correlação genética (G) e ambiental (E) entre as características agrônômicas por meio da estimativa REML/BLUP, em que acima da linha diagonal das características está a correlação de Pearson e abaixo a probabilidade de ser nula pelo teste t. UFLA, Lavras, MG, 2020.

Correlação	Características											
	PRT	PRC	PMSRT	PMSRC	PPA	PMSPA	FG	PC	AG	O	L	
PRT	G	-	74,60	96,20	73,60	-18,90	-22,30	49,90	65,20	54,40	-18,60	-22,60
	E	-	51,70	94,80	52,00	20,20	18,50	25,40	39,70	30,60	-15,60	-11,00
PRC	G	0,00	-	70,60	98,50	-18,60	-19,70	75,60	77,30	56,40	3,20	-17,10
	E	0,00	-	49,90	98,40	9,80	8,60	43,80	50,80	16,80	-7,60	2,00
PMSRT	G	0,00	0,00	-	74,00	-8,80	-12,50	46,40	60,60	51,60	-20,60	-25,80
	E	0,00	0,00	-	54,30	17,30	17,00	24,90	40,30	28,60	-14,60	-12,60
PMSRC	G	0,00	0,00	0,00	-	-11,80	-13,20	73,80	75,10	54,90	2,50	-18,70
	E	0,00	0,00	0,00	-	10,30	9,40	44,40	51,60	17,00	-7,00	1,40
PPA	G	0,06	0,06	0,38	0,24	-	98,90	-27,10	-25,20	-41,00	18,30	4,00
	E	0,00	0,09	0,00	0,07	-	96,00	0,10	4,40	-2,40	7,20	2,90
PMSPA	G	0,02	0,05	0,21	0,19	0,00	-	-28,30	-27,80	-41,70	19,80	6,40
	E	0,00	0,13	0,00	0,10	0,00	-	-0,70	5,30	-6,50	10,80	7,90
FG	G	0,00	0,00	0,00	0,00	0,01	0,00	-	77,20	45,70	11,30	-22,10
	E	0,00	0,00	0,00	0,00	0,99	0,91	-	63,20	10,30	-2,20	2,80
PC	G	0,00	0,00	0,00	0,00	0,01	0,00	0,00	-	56,00	6,80	-20,70
	E	0,00	0,00	0,00	0,00	0,44	0,36	0,00	-	18,10	-2,70	5,60
AG	G	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	-	-1,50	-6,60
	E	0,00	0,00	0,00	0,00	0,68	0,26	0,07	0,00	-	-12,70	-8,70
O	G	0,06	0,75	0,04	0,81	0,07	0,05	0,26	0,50	0,88	-	12,40
	E	0,01	0,19	0,01	0,23	0,22	0,06	0,70	0,64	0,03	-	-0,90
L	G	0,02	0,09	0,01	0,06	0,69	0,53	0,03	0,04	0,52	0,22	-
	E	0,06	0,73	0,03	0,81	0,61	0,17	0,63	0,33	0,13	0,88	-

PRT: produtividade de raízes totais; PRC: produtividade de raízes comerciais; PMSRT: produtividade de massa seca de raízes totais; PMSRC: produtividade de massa seca de raízes comerciais; PPA: produtividade de parte aérea; PMSPA: produtividade de massa seca de parte aérea; FG: formato geral; PC: padrão comercial; AG: agrupamento de raízes; O: olho; L: lenticela.

Fonte: Da autora (2020).

Segundo Gonçalves Neto *et al.* (2012) altas estimativas de correlação podem inferir que os genes que controlam um caráter podem ser os mesmos que controlam o outro (pleiotropia) ou os genes podem estar ligados. Assim, tem-se a necessidade de avaliar apenas

a característica de mais fácil mensuração, ou seja, a seleção será de forma indireta para a outra característica, reduzindo assim, o tempo gasto com as avaliações.

Considerando as mesmas correlações estabelecidas anteriormente, observa-se alta correlação ambiental entre produtividade de parte aérea e produtividade de massa seca de parte aérea (96,00), produtividade de raízes totais e produtividade de massa seca de raízes totais (94,80), produtividade de raízes comerciais e produtividade de massa seca de raízes comerciais (98,40), produtividade de raízes totais e produtividade de raízes comerciais (51,70) e produtividade de massa seca de raízes totais e produtividade de massa seca de raízes comerciais (54,30) (TABELA 6). Isso reafirma a necessidade da testagem dos genótipos em outras localidades, pois os fatores ambientais afetam significativamente as características relacionadas à produtividade de raízes e de parte aérea.

Dessa forma, a avaliação das características agronômicas e suas interações com o ambiente, juntamente com as correlações entre as variáveis, contribuem para definir a metodologia a ser utilizada no programa de melhoramento genético, podendo então antecipar a obtenção de resultados (CAVALCANTE; FERREIRA; SOARES, 2012).

Para características de baixas herdabilidades, encontradas principalmente para as características qualitativas, cujo menor valor foi observado para formato de raízes (7,14%) (TABELA 2), deve-se selecionar genótipos através da característica associada, a fim de aumentar a chance de obtê-las e acelerar o programa de melhoramento genético. Assim, considerando as correlações genéticas significativas, o formato geral de raízes correlaciona-se de forma positiva com produtividade de raízes comerciais (75,60), produtividade de massa seca de raízes comerciais (73,80), padrão comercial (77,20), produtividade de raízes totais (49,90), produtividade de massa seca de raízes totais (46,40), agrupamento de raízes (45,70) e olho (11,30) (TABELA 6). Com isso, observa-se principalmente que as raízes com formato fusiforme contribuem para o aumento da produtividade de raízes comerciais, bem como a massa seca dessa característica. Já as correlações ambientais significativas e positivas com formato geral tem-se o padrão comercial (63,20), a produtividade de massa seca de raízes comerciais (44,40), a produtividade de raízes comerciais (43,80), a produtividade de raízes totais (25,40) e a produtividade de massa seca de raízes totais (24,90). Assim, quanto melhor o formato geral, melhor é o padrão comercial, entretanto, tem-se alta influência ambiental.

Além do padrão comercial apresentar correlação genética e ambiental significativa e positiva com o formato geral (genética: 77,20; ambiental: 63,20), também correlacionou-se dessa forma com produtividade de raízes comerciais (genética: 77,30; ambiental: 50,80), produtividade de massa seca de raízes comerciais (genética: 75,10; ambiental: 51,60),

produtividade de raízes totais (genética: 65,20; ambiental: 39,70), produtividade de massa seca de raízes totais (genética: 60,60; ambiental: 40,30) e agrupamento de raízes (genética: 56,00; ambiental: 18,10) (TABELA 6). As maiores correlações genéticas afirmam que há possibilidade de atender a exigência do mercado de mesa, com genótipos que possuam rendimento máximo de raízes totais e comerciais, além de apresentarem padrão comercial de raízes uniforme (SILVA, 2019).

Além de formato geral e padrão comercial, o agrupamento de raízes se correlaciona significativamente, de forma positiva, com as características ligadas à produtividade de raízes, sendo produtividade de raízes comerciais (genética: 56,40; ambiental: 16,80), produtividade de massa seca de raízes comerciais (genética: 54,90; ambiental: 17,00), produtividade de raízes totais (genética: 54,40; ambiental: 30,60) e produtividade de massa seca de raízes totais (genética: 51,60; ambiental: 28,60) (Tabela 6). Isso evidencia que agrupamentos mais próximos ao fechado favorece a maior obtenção de raízes com padrão comercial, resultando em maiores produtividades de raízes comerciais.

A característica olho só apresenta correlação significativa e positiva com a produtividade de massa seca de parte aérea (19,80) (TABELA 6). Embora não tenha estudos que confirmem essa correlação, é a única característica de raiz que se correlaciona de forma significativa e positiva com a parte aérea. Entretanto, a correlação ambiental foi não significativa com 10,80.

A seleção indireta por meio de características correlacionadas permite que as características mais complexas de serem avaliadas sejam selecionadas por meio da seleção no caractere associado. Isso é vantajoso principalmente quando o caráter com alto valor agrícola é de baixa herdabilidade (FERREIRA *et al.*, 2003).

#### **4 CONCLUSÕES**

Para todas as características há ganhos com a seleção em relação à média da população.

Os genótipos 2018-19-464, 2018-36-807, 2018-72-1409, 2018-19-443, 2018-72-1376, 2018-54-1137, 2018-72-1432, 2018-72-1428, 2018-72-1418, 2018-19-455, 2018-54-1114 e 2018-65-1249, possuem boas características ligadas à produtividade e qualidade de raízes, podendo ser recomendados para a alimentação humana.

Os genótipos 2018-28-556 e o 2018-31-666 apresentam dupla aptidão (alimentação humana e animal), pois, apresentaram, além de alta produtividade de raízes e de qualidade de raízes, uma boa produtividade de parte aérea e produtividade de massa seca de parte aérea.

Dentre as características quantitativas, as principais correlações genéticas são observadas entre características interdependentes, destacando-se a associação entre a produtividade de parte aérea e a produtividade de massa seca de parte aérea. Já o padrão comercial é uma forma eficiente de avaliar a produtividade e a qualidade de raízes, pois correlaciona-se positivamente com formato geral e a produtividade de raízes comerciais.

## REFERÊNCIAS

- 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**, Vitória da Conquista, v. 30, n. 4, p. 584-589, 2012.
- ANDRADE JÚNIOR, V. C.; ELSAYED, A.; AZEVEDO, A.; SANTOS, E.; FERREIRA, M. Potencial Quantitativo e Qualitativo de Genótipos Batata-doce. **Scientia Agraria**, Curitiba, v. 19, n. 1, p. 28-35, 2018.
- AZEVEDO, S. M.; MALUF, W. R.; SILVEIRA, M. A.; FREITAS, J. A. Reação de clones de batata-doce aos insetos de solo. **Ciência e Agrotecnologia**, Lavras, v. 26, p. 545-549, 2002.
- AZEVEDO, A. M.; ANDRADE JÚNIOR, V. C.; VIANA, D. J.; ELSAYED, A. Y.; PEDROSA, C. E.; NEIVA, I. P.; FIGUEIREDO, J. A. Influence of harvest time and cultivation sites on the productivity and quality of sweet potato. **Horticultura Brasileira**, Vitória da Conquista, v. 32, p. 21-27, 2014.
- AZEVEDO, A. M.; ANDRADE JÚNIOR, V. C.; FERNANDES, J. S. C.; PEDROSA, C. E.; OLIVEIRA, C. M. Desempenho agrônomo e parâmetros genéticos em genótipos de batata-doce. **Horticultura Brasileira**, Vitória da Conquista, v. 33, n. 1, p. 84-90, 2015.
- BORGES, V.; FERREIRA, P. V.; SOARES, L.; SANTOS, G. M.; SANTOS, A. M. M. Seleção de clones de batata-doce pelo procedimento REML/BLUP. **Acta Scientiarum. Agronomy**, Maringá, v. 32, n. 4, p. 643-649, 2010.
- BOX, G.; COX, D. An Analysis of Transformations. **Journal of the Royal Statistical Society**, Series B (Methodological), Reino Unido, v. 26, p. 211-252, 1964.
- BRASIL. Ministério da Agricultura e Reforma Agrária. Secretaria Nacional de Irrigação. Departamento Nacional de Meteorologia. **Normais climatológicas (1961-1990)**. Brasília: 1992. 84 p.
- BUENO FILHO, J. S. S.; VENCOVSKY, R. Alternativas de análise de ensaios em látice no melhoramento vegetal. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v. 35, n. 2, p. 259-269, 2000.
- BUENO FILHO, J. S. S.; GILMOUR, S. G. Planning Incomplete Block Experiments When Treatments Are Genetically Related. **Biometrics**, Washington, v. 59, p. 375-381, 2003.
- 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, 2013.
- CAVALCANTE, J. T.; FERREIRA, P. V.; SOARES, L. Correlações fenotípicas, genotípicas e de ambiente em clones de batata-doce (*Ipomoea batatas* (L.) Lam.), Rio Largo – Alagoas. **Ciência Agrícola**, Rio Largo, v. 10, n. 1, p. 1-7, 2012.

- DANTAS, A. A. A.; CARVALHO, L. G. de; FERREIRA, E. Classificação e tendência climática em Lavras, MG. **Ciência e Agrotecnologia**, Lavras, v. 31, n. 6, p. 1862-1866, 2007.
- DONATO, L. M. S.; ANDRADE JÚNIOR, 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**, Goiânia, v. 21, e-53493, 2020.
- FAO. Food and Agriculture Organization of the United Nations. 2019. **FAOSTAT**. Disponível em: <http://www.fao.org/faostat/en/#data/QC/visualize>. Acesso em: 07 abr. 2020.
- FERREIRA, M. A. J. F.; QUEIROZ, M.A.; BRAZ, L. T.; VENCOVSKY, R. Correlações genotípicas, fenotípicas e de ambiente entre dez caracteres de melancia e suas implicações para o melhoramento genético. **Horticultura Brasileira**, Vitória da Conquista, v. 21, p. 438-442, 2003.
- 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**, Vitória da Conquista, v. 30, p. 708-712, 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.
- 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.
- GRÜNEBERG, W.; MWANGA, R.; ANDRADE, M.; ESPINOZA, J. Selection methods: part 5: breeding clonally propagated crops: breeding clonally propagated crops. *In*: CECCARELLI, S.; GUIMARÃES, E. P.; WELTZIEN, E. (Ed.). **Plant breeding and farmer participation**. Rome: Food And Agriculture Organization Of The United Nations, 2009. Cap. 13. p. 275-322.
- HENDERSON, C. R. **Applications of linear models in animal breeding**. Guelph: University of Guelph, 1984. 462 p.
- HUAMÁN, Z. **Botany, origin, evolution and biodiversity of the sweet potato**: Sweet potato Germplasm Management Training Manual. Lima, Peru: International Potato Center, 1999. 1-11 p.
- ISOBE, S.; SHIRASAWA, K.; HIRAKAWA, H. Current status in whole genome sequencing and analysis of *Ipomoea spp.* **Plant Cell Reports**, v. 38, p. 1365–1371, 2019.
- KALKMANN, D. C. **Produtividade, qualidade de raiz, resistência aos insetos de solo e aos nematóides-das-galhas, e estimativas de parâmetros genéticos em clones de batata-doce cultivados no Distrito Federal**. 2011. 144 p. Dissertação (Mestrado em Agronomia) – Universidade de Brasília, Brasília, D, 2011.

- KÖPPEN, W. Das geographische System der Klimate. In: KÖPPEN, W.; GEIGER, R. (ed.). **Handbuch der Klimatologie**. Berlin: Gebrüder Bornträger, 1936. Banda 1, Parte C, p. 1-44.
- MELO, R. A. de C. e; AMARO, G. B.; SILVA, G. O. da; SANTOS, F. H. C. dos; VENDRAME; L. P. de C. Root production and quality attributes of sweetpotato genotypes in Brasília-DF, Brazil, during two cropping seasons. **Colloquium Agrariae**, Presidente Prudente, v. 16, n. 2, p. 90-95, 2020.
- NÓBREGA, D. da S.; PEIXOTO, J. R.; VILELA, M. S.; NÓBREGA, A. K. da S.; SANTOS, E. C.; COSTA, A. P.; CARMONA, R. Yield and soil insect resistance in sweet potato clones. **Biosci. J.**, Uberlândia, v. 35, n. 6, p. 1773-1779, 2019.
- OLIVEIRA, D. G. **Seleção simultânea para produção, biofortificação e culinária em populações segregantes de feijão-caupi**. 2014. 72 p. Dissertação (Mestrado em Genética e Melhoramento) - Universidade Federal do Piauí, Teresina, PI2014.
- PATTERSON, H. D.; THOMPSON, R. Recovery of inter-block information when block sizes are unequal. **Biometrika**, v. 58, n. 3, p. 545-554, 1971.
- R CORE TEAM. **R: A language and environment for statistical computing**. R Foundation for Statistical Computing, Vienna, Austria. 2018. Disponível em: <https://www.R-project.org/>. Acesso em: 24 mar. 2020.
- RAMALHO, M. A. P.; FERREIRA, D. F.; OLIVEIRA, A. C. **Experimentação em genética e melhoramento de plantas**. 3. ed. Lavras: UFLA, 2012a. 305 p.
- RAMALHO, M. A. P.; SANTOS, J. B.; PINTO, C. A. B. P.; SOUZA, E. A.; GONÇALVES, F. A.; SOUZA, J. C. Alelismo múltiplo. In: RAMALHO, M. A. P.; SANTOS, J. B.; PINTO, C. A. B. P.; SOUZA, E. A.; GONÇALVES, F. A.; SOUZA, J. C. (Ed.). **Genética na agropecuária**. 5. ed. rev. Lavras: UFLA, 2012b. Cap. 8. p. 185-206.
- RESENDE, M. D. V. Software Selegen-REML/BLUP: uma ferramenta útil para o melhoramento de plantas. **Crop Breed. Appl. Biotechnol.**, Viçosa, v. 16, n. 4, p. 330-339, 2016.
- RIBEIRO, A. C.; GUIMARÃES, P. T. G.; ALVAREZ V., V. H. **Recomendações para o uso de corretivos e fertilizantes em Minas Gerais**. 5ª Aproximação, Viçosa: CFSEMG, 1999. 25-32 p.
- RITSCHHEL, P. S.; LOPES, C. A.; HUAMÁN, Z.; FERREIRA, M. E.; FRANCA, F.J.; MENÊZES, J. E.; TEIXEIRA, D. M. C.; TORRES, A. C.; CHARCHAR, J. M.; THOMAZELLI, L. Organização do banco ativo de germoplasma de batata-doce: situação atual e perspectivas. In: QUEIROZ, M. A.; GOEDERT, C. O.; RAMOS, S. R. R. (Ed.). **Recursos genéticos e melhoramento de plantas para o Nordeste brasileiro**. Petrolina: Embrapa Semiárido, 1999. Cap. 3. p. 416-426.
- 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, Junho 2008.

SILVA, G. O. da; SUINAGA, F. A.; PONIJALEKI, R.; AMARO, G. B. Desempenho de cultivares de batata-doce para caracteres relacionados com o rendimento de raiz. **Rev. Ceres**, Viçosa, v. 62, n. 4, p. 379-383, 2015.

SILVA, J. C. de O. **Seleção de clones de batata-doce para diferentes aptidões agronômicas**. 2019. 86 p. Dissertação (Mestrado em Agronomia/Fitotecnia) - Universidade Federal de Lavras, Lavras, MG, 2019.

SMITH, T. Sweet Potato News. **LSU AgCenter**, v. 7, n. 1, p. 6, 2012.

SUÁREZ, S.; MU, T.; SUN, H.; AÑÓN, M. C. Antioxidant activity, nutritional, and phenolic composition of sweet potato leaves as affected by harvesting period. **International Journal of Food Properties**, Estados Unidos, v. 23, p. 178-188, 2020.

TANAKA, M.; ISHIGURO, K.; OKI, T.; OKUNO, S. Functional components in sweetpotato and their genetic improvement. **Breeding Science**, Japão, v. 67, p. 52-61, 2017.

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.

VIANA, D. J. S.; ANDRADE JÚNIOR, V. C.; RIBEIRO, K. G.; PINTO, N. A. V. D.; NEIVA, I. P.; FIGUEIREDO, J. A.; LEMOS, V. T.; PEDROSA, C. E.; AZEVEDO, A. M. Potencial de silagens de ramas de batata-doce para alimentação animal. **Ciência Rural**, Santa Maria, v. 41, n. 8, p. 1466-1471, 2011.