



JEFERSON CARLOS DE OLIVEIRA SILVA

**SELEÇÃO DE CLONES DE BATATA-DOCE PARA
DIFERENTES APTIDÕES AGRONÔMICAS**

**LAVRAS-MG
2019**

JEFERSON CARLOS DE OLIVEIRA SILVA

**SELEÇÃO DE CLONES DE BATATA-DOCE PARA DIFERENTES APTIDÕES
AGRONÔMICAS**

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
2019**

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

Silva, Jeferson Carlos de Oliveira.

Seleção de clones de batata-doce para diferentes aptidões
agronômicas / Jeferson Carlos de Oliveira Silva. - 2019.
87 p. : il.

Orientador(a): Valter Carvalho de Andrade Júnior.

Dissertação (mestrado acadêmico) - Universidade Federal de
Lavras, 2019.

Bibliografia.

1. *Ipomoea batatas*. 2. Índice de seleção. 3. Produção. I.
Andrade Júnior, Valter Carvalho de. II. Título.

JEFERSON CARLOS DE OLIVEIRA SILVA

**SELEÇÃO DE CLONES DE BATATA-DOCE PARA DIFERENTES APTIDÕES
AGRONÔMICAS**

**SELECTION OF SWEET POTATOES CLONES FOR DIFFERENT AGRONOMIC
APTITUDES**

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 23 de agosto de 2019.

Dr. Cleiton Lourenço de Oliveira UFLA

Dr. Sebastião Márcio Azevedo HORTEC

Prof. Dr. Valter Carvalho de Andrade Júnior
Orientador

**LAVRAS-MG
2019**

Aos nossos professores e mentores.

Aos amigos e irmãos.

Aos que sonham pelo saber.

Aos nossos pais e familiares.

Aos que acreditam em nós.

Aos que desejam cultivar para a vida.

Aos que amam...

Dedico

AGRADECIMENTOS

À Universidade Federal de Lavras e ao Programa de Pós-Graduação em Agronomia/Fitotecnia, pela oportunidade de realização do mestrado. O Presente trabalho foi realizado com apoio do Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (CNPq), da Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior – Brasil (CAPES) – Código de Financiamento 001, da Fundação de Amparo à Pesquisa de Minas Gerais (FAPEMIG), MCT, UFLA e FAEPE, em que agradecemos pela concessão das bolsas de estudos dos alunos envolvidos e/ou infraestrutura para realização dos trabalhos.

Ao professor Dr. Valter Carvalho de Andrade Júnior, pela orientação, paciência, amizade, dedicação, confiança e compreensão em todos os momentos. Ao Ph.D. Wilson Roberto Maluf, que colaborou e não mediu esforços para me auxiliar, sempre com muita dedicação, paciência e boa vontade. Aos Profs. Sebastião Márcio Azevedo e Cleiton Lourenço de Oliveira, pelas sugestões na construção do trabalho e da dissertação. Ao Professor Dr. Júlio Sílvio de Sousa Bueno Filho, pela parceria de trabalho e pelas sugestões na realização das análises estatísticas. Ao Pós Doutorando Orlando Gonçalves Brito pela colaboração didática.

Aos colegas do grupo de Melhoramento de Hortaliças, Antônio Jorge Viegas Taula, Ariana Lemes da Costa, André Boscolo Nogueira da Gama, Ramon Avelar, Sylmara Silva, Rodrigo, Thábata Caroline Lopes, Thiago Firme, Eveline Costa, Amanda Santos, André Mazochi, Andrieli Magrini Rodrigues, Alysson Gomes Pimenta, Aline dos Santos Zaqueu, Andrey Santos, pela boa vontade, amizade e auxílio na condução dos experimentos.

Aos funcionários do Setor de Olericultura, Stéfany Martins da Silva Lino, Josemar Silva e Luiz Gonzaga do Carmo, que tão bem me receberam em Lavras, e que sempre me auxiliaram com boa vontade e alegria, incentivando e contribuindo para sucesso nos desafios. Assim como colaboradores Vicente, Francisco, Vanessa, Elenice, Vanderlei, Ronaldo e Junior do Centro de Desenvolvimento e Transferência de Tecnologia-CDTT por auxílio nas atividades, cederem as instalações e os materiais utilizados na condução dos ensaios experimentais e banco de germoplasma que compõem este trabalho.

Ao professor Ph.D. Wilson Roberto Maluf e ao Dr. Fábio Aurélio Dias Martins, pelas contribuições para a melhoria desse trabalho durante a qualificação. Aos professores do Instituto Federal do Triângulo Mineiro - Campus Uberaba, pela grande contribuição no

crescimento pessoal, em nossa carreira profissional, incentivos e ensinamentos divergentes sobre a ciência agrônoma.

Aos meus pais, Maria Lúcia e José Mário, aos meus irmãos Bruno, Pedro e Junior, e familiares (cunhadas e sobrinhos), que mesmo distantes sempre me apoiaram caridosamente, buscando tornar meus dias mais felizes e inspiradores. Aos meus tios, tias, primos e sobrinhos, pelos incentivos, amor e carinho.

A todos que de alguma forma contribuíram para a conclusão de mais esta etapa nesta caminhada! Sejam todos felizes!

GRATIDÃO ETERNA! PAZ E BEM!

“... 4 A caridade é paciente, é benigna, a caridade não é invejosa, não obra temerária nem precipitadamente, não se ensoberbece.

5 Não é ambiciosa, não busca os seus próprios interesses, não se irrita, não suspeita mal.

6 Não folga com a injustiça, mas folga com a verdade.

7 Tudo tolera, tudo crê, tudo espera, tudo sofre.

8 A caridade nunca jamais há de acabar, ou deixem de ter lugar as profecias, ou cessem as línguas, ou seja abolida a ciência...

13 Agora pois permanecem a fé, a esperança e a caridade, estas três virtudes; porém, a maior delas é a caridade...”

1ª Carta aos Coríntios Cap. 13

“4 Através do amor valorizamo-nos para a vida.

5 Através da sabedoria somos pela vida valorizados.

6 Daí o imperativo de marcharem juntas a inteligência e a bondade...

9 Todos temos necessidade de instrução e de amor.

10 Estudar e servir são rotas inevitáveis na obra de elevação.

11 Toda a cultura intelectual é formada em cadeia de gradativa expansão...

14 A escola é um centro de indução espiritual, onde os mestres de hoje continuam a tarefa dos instrutores de ontem...

19 Conhecer é patrocinar a libertação de nós mesmos, colocando-nos a caminho de novos horizontes na vida...”

(Instrução por Francisco Cândido Xavier (Emmanuel) - Pensamento e vida

RESUMO GERAL

O melhoramento genético da batata-doce (*Ipomoea batatas* (L.) Lam.) é baseado na seleção e recombinação de genótipos adaptados e produtivos existentes numa certa região. Adequando tecnologia e os métodos básicos de cultivo à cultura, são alcançadas altas produtividades de raízes e ramas, de acordo com suas diferentes aptidões. O objetivo deste trabalho foi identificar a aptidão agrônômica de genótipos de batata-doce oriundos de sementes botânicas de progênies tradicionais do Brasil, e selecioná-los para consumo humano, produção de etanol e alimentação animal, por meio de índices de aptidão. Utilizou-se o delineamento experimental de blocos incompletos com controle de linha e coluna, usando restrição de parentesco no sorteio. Como tratamentos, foram avaliados 1604 genótipos meios-irmãos, oriundos da recombinação de 55 progênies da coleção de germoplasma da Universidade Federal de Lavras (UFLA). Também foram inseridas na avaliação dois acessos (UFVJM 61 e UFVJM 58), pertencentes ao banco de germoplasma da Universidade Federal dos Vales do Jequitinhonha e Mucuri (UFVJM), sendo usados como tratamentos testemunhas. Os índices de aptidão corresponderam às médias dos valores dos treze caracteres avaliados, atribuídos pesos a cada característica, conforme a aptidão avaliada. Os dados foram transformados e padronizados para as três aptidões de interesse. Em seguida, utilizando-se o índice Zi, e levando-se em consideração o parentesco entre meios-irmãos, com 2,5% de pressão de seleção, foram selecionados os genótipos mais promissores pelo modelo misto através do BLUP, em relação às características avaliadas e à aptidão de interesse. Foram identificadas nove progênies selecionáveis para programas de melhoramento às aptidões de: produção de etanol - progênies 1; 14; 18; 19; 55; 68 e 72, alimentação animal - progênies 1; 14; 18; 19; 55; 61; 68; 72 e a testemunha UFVJM 58, e consumo humano – progênies 1; 14; 18; 55; 68; 72 e a testemunha UFVJM 58. As progênies que apresentaram múltiplas aptidões foram 1, 14, 18, 55, 68 e 72, a progênie UFVJM 58 para dupla aptidão (alimentação animal e consumo humano), a progênie 19 com dupla aptidão (alimentação animal e produção de etanol) e a progênie 61 promissora para aptidão única (à alimentação animal). Foram identificados que 60 genótipos atendem a uma ou mais aptidões propostas, onde destes: 37 genótipos mais as duas testemunhas aptos para produção de etanol, 36 genótipos mais as duas testemunhas aptos para alimentação animal e 38 genótipos mais uma testemunha (UFVJM 58) aptos para o consumo humano. Os genótipos 556; 765; 1221; 1231; 1319 e a testemunha UFVJM 61 são considerados aptos para produção de etanol e alimentação animal. Os genótipos 220; 301; 455; 736 e 1311 são considerados aptos para o consumo humano e produção de etanol. Os genótipos 49; 181; 314; 660; 663; 716; 1000; 1164; 1238; 1258 e 1538 são considerados aptos para alimentação animal e consumo humano. Os genótipos 161; 221; 225; 238; 450; 540; 655; 759; 791; 799; 1008; 1234; 1252; 1299; 1562 e a testemunha UFVJM 58 são considerados aptos para produção de etanol, alimentação animal e consumo humano. Os genótipos 11; 107; 354; 546; 574; 695; 884; 987; 1005; 1011; 1235 e 1565 apresentam aptidão única para produção de etanol. Os genótipos 290; 829; 1210; 1288 e 1436 apresentam aptidão única para alimentação animal. Os genótipos 106; 144; 404; 622; 648; 992 e 1554 apresentaram aptidão única para o consumo humano. Assim, este trabalho foi eficiente, de forma que os dados obtidos subsidiarão informações para programas de melhoramento genético. Perante a geração desta nova variabilidade, torna-se possível, estudos para lançamento de cultivares, subsídio à soberania alimentar nacional, sobretudo com importante contribuição social.

Palavras-chave: *Ipomoea batatas*. Índice de seleção. Produção. Raízes. Ramas. melhoramento.

GENERAL ABSTRACT

The genetic improvement of sweet potato (*Ipomoea potatoes* (L.) Lam.) is based on the selection and recombination of adapted and productive genotypes in a given region. By adapting technologies and basic cultivation methods to the crop, higher root and branch yields are achieved according to its different aptitudes. The objective of this study was to identify the agronomic suitability of sweet potato genotypes from botanical seeds of traditional Brazilian progenies, and to select them for human consumption, ethanol production and animal feeding through aptitude indices. For the experimental design, incomplete blocks with row and column control combined with kinship restriction in the drawing were used. A total of 1604 half-sibling genotypes were evaluated. The genotypes come from the recombination of 55 progenies from the germplasm collection of the Universidade Federal de Lavras (UFLA). Two accessions (UFVJM 61 and UFVJM 58) belonging to the germplasm bank of the Universidade Federal dos Vales do Jequitinhonha e Mucuri (UFVJM) were also included in the evaluation as control treatments. The aptitude indices corresponded to the averages of the values of the 13 evaluated characters, in which weights were attributed to each characteristic according to the evaluated aptitude. The data was transformed and standardized for the three aptitudes of interest. The most promising genotypes were selected by the mixed model through BLUP in relation to the evaluated characteristics and the aptitude of interest, using the Zi index and taking into account the kinship between half siblings with 2.5% selection pressure. Nine selectable progenies have been identified for breeding programs: for ethanol production - progenies 1; 14; 18; 19; 55; 68 and 72, for animal feeding - progenies 1; 14; 18; 19; 55; 61; 68; 72 and the control UFVJM 58, and for human consumption - progenies 1; 14; 18; 55; 68; 72 and the control UFVJM 58. The progenies that showed multiple aptitudes were: 1, 14, 18, 55, 68 and 72, UFVJM 58 progeny for double aptitude (animal and human consumption), progeny 19 with double aptitude (animal and ethanol production) and progeny 61 for unique aptitude (to animal feed). It was identified that 60 genotypes met one or more proposed aptitudes. For example, 37 genotypes plus two controls can be apt for ethanol production, 36 genotypes plus two controls are apt for animal feeding and 38 genotypes plus one control (UFVJM 58) can be apt for human consumption. The genotypes 556; 765; 1221; 1231; 1319 and control UFVJM 61 are considered apt for ethanol production and animal feeding. The genotypes 220; 301; 455; 736 and 1311 are considered apt for human consumption and ethanol production. The genotypes 49; 181; 314; 660; 663; 716; 1000; 1164; 1238; 1258 and 1538 are considered apt for animal feeding and human consumption. The genotypes 161; 221; 225; 238; 450; 540; 655; 759; 791; 799; 1008; 1234; 1252; 1299; 1562 and control UFVJM 58 are considered apt for ethanol production, animal feeding and human consumption. The genotypes 11; 107; 354; 546; 574; 695; 884; 987; 1005; 1011; 1235 and 1565 present unique suitability for ethanol production. The genotypes 290; 829; 1210; 1288 and 1436 present unique suitability for animal feeding. The genotypes 106; 144; 404; 622; 648; 992 and 1554 show unique suitability for human consumption. Thus, the results obtained in this study provide efficient information for breeding programs. Faced with the generation of this new variability, it is possible to study cultivars, subsidizing national food independence, which represents an important social contribution.

Keywords: *Ipomoea batatas*. Selection index. Yield. Roots. Branches. Breeding.

LISTA DE FIGURAS

SEGUNDA PARTE

- Figura 1 - Temperatura máxima, média, mínima, umidade relativa, insolação e precipitação, de Lavras-MG entre 20 de abril a 27 outubro 2018 (180 dias)...40
- Figura 2 - BLUP do índice de seleção para 32 progênies de batata-doce selecionáveis dentro da aptidão para produção de etanol. Lavras-MG, UFLA, 2019. Testemunhas: A (UFVJM 58); B (UFVJM 61). 55
- Figura 3 - BLUP do índice de seleção para 32 progênies de batata-doce selecionáveis dentro da aptidão para alimentação animal. Lavras-MG, UFLA, 2019. Testemunhas: A (UFVJM 58); B (UFVJM 61). 56
- Figura 4 - BLUP do índice de seleção para 32 progênies de batata-doce selecionáveis dentro da aptidão para o consumo humano. Lavras-MG, UFLA, 2019. Testemunhas: A (UFVJM 58); B (UFVJM 61). 57
- Figura 5 - BLUP do índice de seleção para 39 genótipos de batata-doce selecionáveis dentro da aptidão para a produção de etanol, dos 1604 genótipos avaliados em Lavras – MG, UFLA 2019. Testemunhas: A (UFVJM 58); B (UFVJM 61). .. 61
- Figura 6 - BLUP do índice de seleção para 38 genótipos de batata-doce selecionáveis dentro da aptidão para a alimentação animal, dos 1604 genótipos avaliados em Lavras – MG, UFLA, 2019. Testemunhas: A (UFVJM 58); B (UFVJM 61). . 62
- Figura 7- BLUP do índice de seleção para 39 genótipos de batata-doce selecionáveis dentro da aptidão para o consumo humano, dos 1604 genótipos avaliados em Lavras-MG, UFLA, 2019. Testemunha: A (UFVJM 58). 63

LISTA DE TABELAS

SEGUNDA PARTE

- Tabela 1 - Pesos atribuídos às características de relevância para cada aptidão em 1604 genótipos de batata-doce avaliados no município de Lavras, MG. UFLA, 2019. 51
- Tabela 2 - BLUP do índices de seleção (I) e estimativa do erro (E) para as aptidões de produção de etanol (Et.) (I (Et.) e E (Et.)), alimentação animal (An.) (I (An.) e E (An.)) e consumo humano (Hum.) (I (Hum.) e E (Hum.)) em 32 progênies de batata-doce avaliadas em Lavras, MG. UFLA, 2019. *Progênies aptas em negrito.....59
- Tabela 3 - Índice genético dos genótipos selecionados. BLUP do índice de seleção (I), erro da estimativa (Erro), aptidões e múltiplas aptidões, para produção de etanol, alimentação animal e consumo humano, em 1604 genótipos de batata-doce testadas em Lavras-MG, UFLA, 2019. 64
- Tabela 4 - Médias de: nota de porte ereto (PE), produtividade de massa verde da parte aérea em Mg ha⁻¹ (PMV), nota de agrupamento de raízes (AR), produtividade de raízes totais em Mg ha⁻¹ (PRT), nota de formato de raízes (FOR), nota de resistência a insetos de solo (RIS), nota de padrão comercial (PC), nota de coloração da casca das raízes (CC), nota de coloração da polpa das raízes (CP) e nota de intensidade da coloração da polpa (INT). Dos 60 genótipos de batata-doce selecionados aptos para aptidões de produção de etanol, alimentação animal, e consumo humano avaliados entre 1604 genótipos avaliados em Lavras-MG, UFLA, 2019.....72

SUMÁRIO

	PRIMEIRA PARTE	14
1	INTRODUÇÃO	14
2	REFERENCIAL TEÓRICO	17
2.1	Cultura da batata-doce	17
2.2	Melhoramento genético da batata-doce	18
2.3	Batata-doce para o consumo humano	22
2.4	Batata-doce para alimentação animal	25
2.5	Batata-doce para produção de etanol	27
	REFERÊNCIAS	30
	SEGUNDA PARTE – ARTIGO*	38
	ARTIGO - SELEÇÃO DE GENÓTIPOS DE BATATA-DOCE PARA DIFERENTES APTIDÕES AGRONÔMICAS	39
1	INTRODUÇÃO	40
2	MATERIAL E MÉTODOS	42
2.1	Local e implantação	42
2.2	Origem das matrizes e obtenção dos tratamentos	44
2.3	Avaliação clonal	45
2.4	Delineamento experimental e tratamentos	46
2.5	Variáveis avaliadas	47
2.6	Análises estatísticas	50
3	RESULTADOS E DISCUSSÃO	52
3.1	Seleção em nível de progênies (matrizes ou famílias)	53
3.2	Seleção em nível de genótipo (indivíduo oriundo de semente botânica)	60
4	CONCLUSÕES	79
	REFERÊNCIAS	81

PRIMEIRA PARTE

1 INTRODUÇÃO

A batata-doce (*Ipomoea batatas* (L.) Lam.) é cultivada em 111 países, tendo uma produção mundial de 105,19 milhões de toneladas, numa área de aproximadamente 8,62 milhões de hectares (FAOSTAT, 2018). Aproximadamente 85,4% desta produção concentram-se na Ásia, 11,6% na África, 2,4% nas Américas e 0,6% no restante do mundo. A China é o país que mais produz, com cerca de 70,79 milhões de toneladas produzidas no ano de 2016, numa área de 3,29 milhões de hectares (FAOSTAT, 2018).

A batata-doce possui grande importância socioeconômica no Brasil, pois cerca de 100% dos municípios brasileiros utilizam a cultura para subsistência e comercialização (MELLO, 2015), contribuindo para a segurança alimentar nacional. Na alimentação humana, a batata-doce representa grande destaque, garantindo o suprimento de energia, vitaminas e minerais (VIEIRA et al., 2015a). Nesse sentido, a batata-doce é considerada um alimento promissor para a erradicação de carências nutricionais em grupos populacionais com deficiência de consumo em calorias ou nutrientes. Destacam-se nesses grupos, pessoas com necessidades especiais, como crianças, idosos, mulheres em idade fértil e gestantes, além de ser muito utilizada em dietas nutricionais e esportivas de alto nível, dada a sua elevada composição nutricional (KEHOE et al., 2015).

No Brasil, a batata-doce é uma cultura tradicional, bastante difundida e cultivada, principalmente por pequenos produtores (AZEVEDO et al., 2014). A hortaliça caracteriza-se pela facilidade de cultivo, adaptação às diversas condições de solo e clima, com tolerância à seca e baixo custo de produção (PEDROSA et al., 2015).

De acordo com dados do IBGE (2016), no Brasil a área plantada de batata-doce aumentou 23,51% do ano de 2012 ao ano de 2016, saindo de 40.120 ha para 49.554 ha, respectivamente. A quantidade produzida também aumentou 40% no mesmo período, com produção de 479.425 Mg no ano de 2012 e 669.454 Mg no ano de 2016. Já em relação à produtividade, o aumento foi de 15,41% no mesmo período, saindo de 12,19 Mg ha⁻¹ em 2012 para 14,07 Mg ha⁻¹ em 2016. Ressalta-se, porém, que o que mais se destacou neste período foi o aumento no valor da produção, de 220,42%, o qual saiu de R\$ 363,50 milhões de reais, para R\$ 801,23 milhões de reais (IBGE-PAM, 2016). No ano de 2016, o estado de Minas Gerais produziu 58.930 Mg de batata-doce, em área cultivada de 3.369 ha, com rendimento médio de 17,5 Mg ha⁻¹, ocupando o segundo lugar como estado maior produtor no Brasil, atrás apenas de São Paulo (IBGE, 2016).

Apesar de sua grande importância e do potencial produtivo, o rendimento médio da batata-doce no Brasil ainda é baixo. A produtividade média brasileira não ultrapassa 14,07 Mg ha⁻¹ de raízes, enquanto que, na China, considerada a principal produtora, apresenta produtividade média de 21,51 Mg ha⁻¹ de raízes (FAOSTAT, 2018). O baixo rendimento agrícola da hortaliça no Brasil se deve a diversos fatores agronômicos. Dentre eles, destaca-se o cultivo em solos de baixa fertilidade, que associado ao manejo inadequado e à ausência do uso de tecnologias de produção, como correção de solo, adubação e irrigação adequada, leva à redução da produtividade da raiz tuberosa e, conseqüentemente, da renda do produtor (RÓS; NARITA; HIRATA, 2014; ANDRADE JÚNIOR et al., 2012, 2009). Este fato é agravado pelo uso de cultivares obsoletas.

Devido ao seu perfil de cultura para a agricultura familiar, a batata-doce tem recebido pouca atenção da pesquisa agrícola. Isso ocorre principalmente para a determinação de demandas nutricionais, recomendação de adubação, técnicas de manejo, melhoramento de cultivares, e a aptidão específica de cada cultivar, por ser uma cultura de subsistência (THUMÉ et al., 2013). Além disso, por ser uma cultura tradicionalmente propagada por via vegetativa, devido ao baixo grau de degenerescência, instituições privadas de melhoramento dificilmente alocam recursos para pesquisas em melhoramento da cultura. Desta forma, esta tarefa fica basicamente restrita às instituições públicas de pesquisa, como universidades, EMBRAPA e centros estaduais de pesquisa.

Outro gargalo para a produção de batata-doce é o nível de tecnologia adotado pela maioria dos produtores, sendo aquém do desejável. Para melhorar esta condição, além do manejo correto a campo e utilização de tecnologias, faz-se necessário o melhoramento genético da cultura. Isso se dá a partir da seleção e adoção de cultivares mais produtivas, com formato de raízes comercialmente aceitável e resistência aos insetos de solo que danificam as raízes (AZEVEDO et al., 2014; MASSAROTO et al., 2014). Por ser uma cultura rústica e de alta variabilidade genética, a evolução da espécie em ambientes de estresse a levou a indução de resistência natural, por mecanismos genéticos e fisiológicos, gerando tolerância a doenças e insetos foliares e de solo. Isso proporcionou a seleção de indivíduos resistentes, adotados pela maioria dos produtores, mesmo com baixas produtividades (TAIZ, 2017; BORÉM et al., 2017).

A maioria das cultivares atualmente utilizadas foi selecionada, principalmente, para o consumo humano. Contudo, o alto potencial da cultura para produção de etanol, bem como para uso na alimentação animal, torna cada vez mais necessário a identificação das aptidões agronômicas destes genótipos para outras finalidades (GONÇALVES NETO et al., 2011).

Logo, a seleção de cultivares para as diferentes finalidades, como consumo humano, alimentação animal e produção de etanol, podem proporcionar produtividades de 25 a 30 Mg ha⁻¹ em quatro a cinco meses de cultivo, devido a melhor exploração do potencial genético da espécie (ANDRADE JÚNIOR et al., 2009, 2012, 2018; AMARO et al., 2017).

Desta forma, o objetivo deste trabalho foi identificar a aptidão de genótipos de batata-doce oriundos de sementes botânicas, selecionando-os para produção de etanol, alimentação animal e consumo humano, por meio de índices de aptidão.

2 REFERENCIAL TEÓRICO

2.1 Cultura da batata-doce

A batata-doce é uma planta da família das *Convolvulaceae*, agrupa cerca de 50 gêneros e mais de 1000 espécies, sendo cultivada em mais de 100 países. Originária das Américas Central e do Sul, é encontrada desde a Península de Yucatam até a Colômbia (EMBRAPA, 2008). As raízes tuberosas são largamente utilizadas na alimentação humana e animal, e como matéria-prima nas indústrias de alimentos, tecido, papel, cosméticos, na preparação de adesivos e álcool comburentes (SILVA, 2010).

A produtividade média nacional de batata-doce é baixa. Porém, sob condições adequadas de manejo, pode atingir altas produtividades. Outro fator que pode contribuir para a expansão da cultura é o desenvolvimento de cultivares mais adaptadas e produtivas. No Brasil, um total de 29 cultivares de batata-doce foram registradas no Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento, todavia sem indicação de aptidões específicas (MAPA, 2018). Ressalta-se que o cultivo de variedades locais e não melhoradas é predominantemente comum, sendo um dos principais motivos pela baixa produtividade.

Mesmo diante deste panorama produtivo, a cultura destaca-se pelo seu potencial de rusticidade e adaptabilidade às diferentes condições edafoclimáticas, além de alta tolerância à seca, ciclo curto e baixo custo de produção (ANDRADE JÚNIOR et al., 2012; VIANA, et al., 2017). Devido a isso, a cultura é cultivada principalmente por agricultores familiares, onde, na maioria das vezes pelo baixo nível tecnológico adotado, o rendimento é baixo (SANTOS, 2018).

Outro fator que pode estar associado à baixa produtividade é que a cultura é propagada vegetativamente, principalmente por meio de ramas, cujo uso contínuo pode acumular viroses (FERNANDES, 2013), além de outras doenças que diminuem a produtividade. Em geral, a baixa produtividade desta cultura está associada principalmente à baixa tecnologia empregada e/ou a inexistência de maiores interesses científicos pela mesma, inexistência de novas cultivares, suscetibilidade a pragas e doenças em cultivares tradicionais, dificuldade de controle de plantas daninhas e limitado manejo nutricional (VIANA et al., 2017). Porém, considerando sua importância como alimento e outras utilidades, o incentivo à pesquisa e tecnificação dos cultivos deve ser incentivado.

Nesse sentido agrônômico, pode-se afirmar que quanto maior o rendimento de raízes e consequentemente de amido por hectare, maior será o retorno econômico ao produtor, pois maior será a extração de amido para a produção de fécula, hidrolisados, farinhas, flocos e demais subprodutos, segundo Camargo et al. (2016). A farinha de batata-doce, por exemplo, pode substituir parcialmente a farinha de trigo na confecção de bolos, biscoitos e outros produtos utilizados na alimentação escolar e de apoio materno infantil (RODRIGUES-AMAYA et al., 2011).

Outra forma de enriquecer nutricionalmente as formulações de pães, bolos, tortas e macarrão, é acrescentar ou substituir a farinha de trigo por uma farinha biofortificada de batata-doce (ADEYEYE; AKINGBALA, 2015). O macarrão, por sua vez, é um produto amplamente consumido no mundo todo, e possui sua produção mundial aumentada anualmente, por isso, pode alavancar o consumo de farinha de batata-doce (SEREEWAT et al., 2015).

A introdução de diferentes farinhas em sua formulação vem ocorrendo, proporcionando também uma funcionalidade nas farinhas utilizadas (SEREEWAT et al., 2015; VIEIRA et al., 2015b). A mais expressiva diferença entre os teores físico-químicos analisados no macarrão tipo talharim é o teor de betacaroteno, como consequência da adição de 20% de farinha de batata-doce biofortificada em sua formulação. Essa adição possibilita ingestão de nutrientes, proporcionando benefícios para a saúde do consumidor (REMONATO et al., 2017).

A batata doce tem ganhado cada vez mais atenção em todo o mundo, devido ao seu sabor especial e alto valor nutricional. Fritar em *chips* pode conferir propriedades como sabor, cor e crocância aos produtos alimentícios e frituras. Além disso, os antioxidantes, que são benéficos para a saúde humana, são abundantes em batata-doce (LIQING QIU et al., 2018).

Além do uso alimentício, alimentação animal e etanol, recentemente o uso de amido de batata-doce também tem sido usado para a fabricação de bandeja de espuma (CRUZ-TIRADO et al., 2019). Amidos de tubérculos podem ser usados para produzir espuma com densidades mais baixas e maiores flexibilidades do que amidos de cereais (BÉNEZET et al., 2012).

2.2 Melhoramento genético da batata-doce

King e Bamford (1937) contaram os cromossomos de 13 espécies de *Ipomoea*, verificando que 11 delas tinham 30 cromossomos, uma tinha 60 e somente uma (*I. batatas* (L.) Lan.) tinha 90 cromossomos. Isso indica o grande potencial da espécie *I. batatas* em gerar variabilidade genética após cruzamentos. A espécie é estritamente alógama, hexaplóide,

autoincompatível ($2n=6x=90$), halopoliplóide segregando como diploide (KING; BAMFORD, 1937). Além disso, apresenta polinização cruzada e alto grau de heterozigose na geração sexual, gerando alta diversidade genética. Isso confere às sementes botânicas imensas recombinações genéticas, que são de grande utilidade nos programas de melhoramento para obtenção de novas variedades (FOLQUER, 1978).

As populações desenvolvidas a partir de sementes botânicas são novamente formadas por genótipos muito diferentes entre si e altamente heterozigotos. Esta identidade do genótipo pode ser mantida por meio da propagação clonal. Cada planta oriunda de reprodução sexual pode ser considerada uma cultivar potencialmente nova. Esta é a base para a seleção de genótipos de batata-doce. A seleção de genótipos de batata-doce é descrita com maior frequência em livros didáticos de melhoramento de plantas como um processo conduzido em várias etapas de *policross* e seleção recorrente entre genótipos promissores (CIP 2009).

No Brasil, a batata-doce possui um alto número de genótipos tradicionais a nível de produtor, dado aos seus cruzamentos aleatórios. Devido a isso, existem centenas de genótipos de batata-doce que apresentam alta variabilidade genética. Isso resulta em alto potencial para uso na produção de forragem, raízes para a alimentação humana e animal, e produção de etanol, ou diretamente como progenitores em programas de melhoramento genético (TORQUATO-TAVARES et al., 2016).

Entretanto, a seleção para apenas um desses usos pode levar à inaptidão agrônômica para outras finalidades. Isto ocorre porque a seleção com base em um ou poucos caracteres pode resultar em alterações desfavoráveis aos demais, já que podem existir correlações genéticas negativas entre eles (GONÇALVES NETO et al., 2011). Essa situação torna necessário o uso de índices para a seleção baseada em um conjunto de variáveis, de forma que reúna vários atributos de interesse econômico (CRUZ; REGAZZI, 2002). Assim, o índice de aptidão passa a ser considerado um parâmetro adicional, estabelecido pela combinação linear ótima de diversos caracteres preferencialmente não correlacionados (BARBOSA; PINTO, 1998). Porém, a utilização desses índices é limitada, em razão da dificuldade de estabelecimento de pesos econômicos adequados aos vários caracteres.

Mesmo assim, o uso dos índices de aptidões da batata-doce na alimentação humana, animal, e produção de etanol, se mostrou um instrumento útil e eficiente para identificação de aptidões em genótipos de batata-doce (CAMARGO et al., 2016; GONÇALVES NETO et al., 2011). A seleção e caracterização dos genótipos UFLA07-12, UFLA07-31, UFLA07-43, UFLA07-49 e UFLA07-53 apresentaram múltiplas aptidões, segundo o estudo de Gonçalves

Neto et al. (2011). Em trabalho semelhante, Camargo et al. (2016) selecionaram os genótipos UGA 08, UGA 71 e UGA 77 que foram selecionáveis à produção de etanol, consumo humano e alimentação animal.

Quase todas as cultivares de batata-doce, plantadas atualmente, foram selecionadas apenas para o consumo humano, sem levar em consideração o enorme potencial desta cultura para produção de etanol e alimentação animal tornando-se necessário a identificação de genótipos que apresentem conjuntos de caracteres de interesse para cada uma das aptidões (GONÇALVES NETO et al., 2011). Como exemplo, o caráter produção de ramas frescas e raízes totais, pode ser determinado à alimentação animal, assim como a produtividade de raízes totais à produção de etanol e alimentação humana, enquanto o formato de raízes, coloração da casca e da polpa relacionado a alimentação humana. Além das raízes com coloração de polpa roxa, alaranjada e amarela serem caracteres propícios para alimentação funcional e biofortificadas naturalmente.

Para explorar todo seu potencial produtivo, vários são os caracteres de interesse na cultura da batata-doce. Desta forma, é indispensável a investigação das correlações genéticas, fenotípicas e ambientais existentes entre estes caracteres. A seleção indireta por meio de caracteres correlacionados permite que caracteres mais complexos ou de difícil mensuração, sejam selecionados por meio da seleção no caráter associado (GONÇALVES NETO et al., 2012). Isso é vantajoso, principalmente quando um caráter com alto valor agrícola é de baixa herdabilidade (FERREIRA et al., 2003).

Em estudos para seleção de genótipos de batata-doce na Malásia, Sulistiani et al. (2018) identificaram cultivares locais adaptadas às condições ambientais para maior rendimento e teor de açúcar para a indústria. Partiu-se da hipótese que o efeito ambiental afetaria a formação de açúcar, e que, de acordo com o aumento da altitude de plantio e a diminuição da temperatura, aumentaria o teor de açúcar acumulado nas raízes. Sulistiani et al. (2018) identificaram, portanto, que as diferenças na quantidade e teor de açúcar nas raízes, seria devido não mais à altitude, e sim, a diferenças principalmente nas variedades, por fatores endógenos à planta, bioquímica de reserva, atividade de amilase e menos nas condições ambientais. Por outro lado, cultivares com mínimos teores de açúcares são adequadas ao processamento de *chips* e palito.

As cultivares de batata-doce de porte ereto (Carolina Bunch) possibilitam plantios adensados de até 0,60 metros entre leiras (ABIDIN et al., 2017), o que permite maior aproveitamento do solo, maior competição da planta por luz e rendimento por área, favorável ao plantios mecanizados em grandes áreas.

La Bonte et al. (1999) observaram que os rendimentos de raízes de um clone, W-241 (posteriormente denominada cultivar Carolina Bunch), nos EUA, foram reduzidos em menos de 20% por interferência de plantas daninhas, em comparação com os rendimentos em parcelas livres de plantas daninhas. Os rendimentos dos outros treze clones no estudo foram reduzidos entre 50 e 70% por interferência de plantas daninhas. A cultivar Carolina Bunch possui um hábito de crescimento de ramas que é descrito como ereto segundo Harrison e Jackson (2011), sendo assim, obteve melhor desempenho inicial e tolerância à competição, sendo pouco afetada pelas plantas invasoras, podendo então, ser utilizada em áreas infestadas ou com espaçamento adensado.

As ramas da batata-doce têm crescimento e tamanho definido pelo genótipo e seu ciclo. As classes de morfologia do porte da planta descritas segundo Huamán (1999) são eretas, semieretas, espalhadas e extremamente espalhadas, determinadas por comprimentos máximos das ramas principais de <75, 75-150, 151-250 e > 250 cm, respectivamente. Genótipos de batata-doce com hábitos de crescimento ereto ou semiereto têm internódios mais curtos, o que resulta em maior ramificação e maior densidade de dossel nos estágios iniciais de crescimento, em comparação aos genótipos com o hábito de crescimento espalhado (HARRISON; JACKSON, 2011).

A tolerância desenvolvida à interferência de plantas daninhas, observada em cultivares dessa morfologia, pode resultar do sombreamento mais efetivo proporcionado pelo dossel, à medida que se expande (LA BONTE et al., 1999). As cultivares de batata-doce com o hábito de crescimento ereto crescem radialmente, formando um dossel fechado sombreando o solo em efeito alelopático contra plantas daninhas (HARRISON; JACKSON, 2011).

A cultivar Carolina Bunch foi desenvolvida no Laboratório Vegetal dos EUA e lançado para uso público em 1994 (DUKES et al., 1992), e é uma das únicas cultivares de batata-doce dos EUA com o hábito de crescimento ereto. Foi o produto de um projeto para desenvolver cultivares com ramas curtas que são mais adequadas para pequenas hortas caseiras do que cultivares com ramas longas. O projeto de criação que levou ao desenvolvimento de Carolina Bunch demonstrou que o crescimento ereto é uma característica hereditária e que a criação de cultivares de batata-doce com o hábito de crescimento ereto é viável (HARRISON; JACKSON, 2011).

A vantagem competitiva de Carolina Bunch contra ervas daninhas, em comparação com outras cultivares, foi observada pela primeira vez em um estudo preliminar (LA BONTE et al., 1999) e confirmada no estudo de Harrison e Jackson (2011). Propõe-se que cultivares eretas

são adaptadas também a plantios em escala industrial, pelo ganho de área, produtividade de plantas por hectare e maior competitividade inicial às plantas daninhas, devido a seu hábito ereto.

Para isso, a seleção criteriosa destes genótipos, por meio da lista de descritores morfológicos de Huamán (1999) provou fornecer uma descrição adequada da batata-doce, sendo amplamente utilizada para identificar clones nas coletas de batata-doce regionais. Os dados são registrados usando uma escala com notas de 0 a 9 para descritores chave selecionados de uma lista de descritores internacionalmente aceita (HUAMÁN 1992, CIP et al., 2009).

A formação das raízes de armazenamento, por exemplo, ocorrem em grupos ao redor do caule. Se a haste que une a raiz ao colo, estiver ausente ou for muito curta, ela formará um grupo fechado de raízes. Se a haste é longa, forma um grupo aberto. Em algumas outras cultivares, as raízes de armazenamento são formadas a uma distância considerável do caule, e, portanto, a formação da raiz de armazenamento é dispersa ou muito dispersa (HUAMÁN, 1999).

Praticamente uma das principais características descritoras é a descrição do arranjo das raízes de armazenamento nas hastes subterrâneas em notas de 1, 3, 5 e 7 determinadas como agrupamento fechado, agrupamento aberto, disperso e muito disperso respectivamente, como proposto por Huamán (1999) e CIP (2001), onde as raízes de agrupamento fechado podem facilitar a colheita mecanizada, trazendo maiores rendimentos na indústria.

2.3 Batata-doce para o consumo humano

Os desafios de saúde relacionados à dieta estão aumentando rapidamente nos países de baixa, média e alta renda (IFPRI, 2016). Assim, a biofortificação da batata-doce é uma estratégia em potencial para mitigar os efeitos ocasionados pela desnutrição, em especial nas populações mais pobres, visto ser um alimento mais acessível. As cultivares de batata-doce biofortificadas, como de polpa alaranjada, são importantes fontes de β -carotenos (pró-vitamina A), que são transformados em vitamina A no organismo humano, apresentando benefícios tais como melhoria da imunidade e diminuição de doenças degenerativas (FERNANDES et al., 2014).

O melhoramento de batata-doce para o aumento do teor de vitaminas foi elucidado com sucesso. A batata-doce de polpa alaranjada (OFSP) cultivar “BA” é uma excelente fonte do β -caroteno provitamina A (LOW et al., 2007), contendo até 276,98 μg por grama deste

antioxidante (TUMUHIMBISE; NAMUTEBI; MUYONGA, 2009). Uma porção de 125g da cultivar BA fervida pode suprir a necessidade diária de vitamina A em crianças pré-escolares e protegê-las da cegueira noturna (USAID, 2015). Além de ser rica em β -caroteno, a cultivar BA contém quantidades significativas de proteínas, gorduras, carboidratos, fibras alimentares, outros micronutrientes e alguns fitonutrientes (SWEET POTATO, 2014).

Além de vitaminas e minerais, dependendo da cultivar, a batata-doce pode apresentar altos níveis de compostos bioativos, como antocianinas e outros carotenóides, compostos estes que são reconhecidos pela sua atividade antioxidante e propriedades anti-mutagênicas (VIZOTTO et al., 2017).

A batata-doce de polpa alaranjada emergiu como uma das fontes vegetais mais promissoras de vitamina A, devido ao seu alto teor de β -caroteno. A deficiência de vitamina A é comum e uma preocupação de saúde pública na maioria dos países em desenvolvimento, com 190 milhões (33,3%) de crianças em idade pré-escolar deficientes em vitamina A (retinol sérico $< 20 \mu\text{g} / \text{dL}$) em todo o mundo (OMS, 2009).

Na África do Sul, como estratégia inicial (2000-2010), para promover a produção e consumo de batata-doce de polpa alaranjada (BDPA), foi realizada uma abordagem baseada na cultura que incluiu treinamento agrícola, educação nutricional e criação de viveiros comunitários, incidindo sobre o consumo de raízes cozidas e não beneficiadas, visando tratar a deficiência de vitamina A, com alta eficiência, e resultados satisfatórios (LAURIE et al., 2015, 2017).

A batata-doce é considerada a sétima cultura mais importante na nutrição mundial, estando atrás apenas da cana-de-açúcar, arroz, trigo, batata, milho e mandioca (ESATBEYOGLU et al., 2017). Além disso, as antocianinas da batata-doce roxa possuem funções biológicas, incluindo sequestro de radicais livres, antimutagenicidade, atividade anticarcinogênica e funções anti-hipertensivas (AHMED et al., 2010). Tem sido relatado que as antocianinas da batata-doce possuem várias funções farmacológicas, incluindo atividades antioxidantes, antiobesidade e anti-inflamatória (LIAO et al., 2013). A batata-doce de polpa roxa também tem sido usada com sucesso para a preparação de suco fermentado (RAY et al. 2012; PANDA et al., 2013).

Altos teores de antocianinas com peonidina e cianidina como os principais componentes da batata-doce roxa e alaranjada foram relatadas por vários pesquisadores (WANG et al., 2006; TEOW et al., 2007). Além disso, grande variação é observada no teor total de antocianinas entre

as cultivares. Teow et al. (2007) relataram que o conteúdo total de antocianinas da batata-doce roxa variou na faixa de 17 a 531 mg / kg de raízes entre 19 genótipos.

Estudos conduzidos por Zhang et al. (2016a) sugerem que a batata-doce de polpa roxa pode possuir atividades prebióticas, gerando as populações bacterianas favoráveis a modulação da microbiota intestinal, contribuindo para melhorias na saúde humana. Porém, a oferta de batata-doce de diversas colorações no mercado ainda é escassa.

A constituição nutricional básica da batata-doce (*Ipomoea batatas*) é de em média 1,34% de fibra alimentar (ANTONIO et al., 2011) com índice glicêmico de 63-66 de digestão e liberação de energia mais lenta, em comparação com batatas *Solanum tuberosum* (65-101). A raiz da batata-doce na dieta alimentar oferece baixa quantidade de gordura (0,2%), proteína (0,49-2,24%) (MU et al., 2009) e uma boa fonte de antioxidantes, zinco, potássio, sódio, manganês, cálcio, magnésio, ferro, vitamina C e β -caroteno (AINA et al., 2012).

A batata-doce é servida principalmente cozida, frita, assada ou torrada. Além disso, também é amassada em forma de purê, antes de ser transformada em vários pratos (bolos, torta, cozida em pedaços, sopa, pães, panquecas e doces). O purê contém mais de 21% de massa seca, baixo teor de proteína e gordura, mas alto teor de minerais e fibras alimentares (YENCHO et al., 2008).

As raízes podem apresentar formatos variados como redondo, fusiforme, alongado ou oblongo, podendo conter dobras e veias, casca lisa ou rugosa, variações em respostas às características do solo ou e/a genética (EMBRAPA, 2008). O tipo de raiz, além da sua produtividade, será determinante na seleção dos genótipos para o consumo humano, visto que se deve atender o perfil exigido pelo mercado. Avaliando várias cultivares de batata-doce, por meio de caracteres relacionados a cada aptidão de interesse, e pelos índices de seleção, Gonçalves Neto et al. (2011) concluíram em seus estudos, que os genótipos UFLA07-01, UFLA07-05, UFLA07-12, UFLA07-16, UFLA07-31, UFLA07-42, UFLA07-43, UFLA07-49 e UFLA07-53 e as testemunhas “Palmas” e “Brazlândia-Branca” são aptas para consumo humano. Assim como Camargo et al. (2016) selecionaram os genótipos UGA 07-Lívia, UGA 08, UGA 30, UGA 49, UGA 65, UGA 71 e UGA 77, que possuíam a mesma aptidão para o consumo humano.

2.4 Batata-doce para alimentação animal

O cultivo da batata-doce é amplamente difundido entre os pequenos agricultores, que na grande maioria das vezes a utilizam apenas na alimentação humana, sem aproveitar as ramas e as raízes fora de padrão comercial, podendo estas serem utilizadas para a alimentação animal (FIGUEIREDO et al., 2012). Todavia, a batata-doce pode ser selecionada para maior produção de ramas e raízes para alimentação animal (VIANA et al., 2011; ANDRADE JÚNIOR et al., 2012).

As ramas de batata-doce são ricas em amido, açúcares e vitaminas, possuem altas porcentagens de proteína bruta e boa digestibilidade, sendo um material de alto valor nutritivo (MONTEIRO et al., 2007). De acordo com Viana et al. (2011), a silagem de ramas de batata-doce apresenta teores proteicos, energéticos e perfil fermentativo adequado para a alimentação animal. Em países como a China e Vietnã, as ramas são empregadas exclusivamente ou em associação às raízes para a alimentação de suínos, seja na forma fresca ou conservada como silagem (MONTEIRO et al., 2007).

Segundo Azevedo et al. (2015a), estudando a divergência de 12 genótipos de batata doce e analisando em 12 caracteres de ramas e silagem, há variabilidade genética entre os genótipos, sendo possível a seleção de genitores divergentes para programas de melhoramento, destacando-se os genótipos BD-54 e BD-31TO, os quais foram os mais divergentes. Isto indica sua utilização em cruzamentos visando o melhoramento para produção de silagem, uma vez que o elevado desempenho *per se* de todos os genótipos avaliados já foi verificado em trabalhos anteriores, inclusive as características de Na, NDT e FDN as quais foram aquelas que mais contribuíram para a divergência (AZEVEDO et al., 2015a).

Figueiredo et al. (2012) e Azevedo et al. (2015b), avaliando os mesmos genótipos, afirmam que as silagens produzidas das folhas e ramas da batata-doce caracterizam-se como volumosos de boa qualidade, com valores médios de 11,59% de proteína bruta, baixos teores de fibra e teores de NDT (Nutrientes Digestíveis Totais) superiores a 62,90%, com bom potencial de utilização das ramas na forma de silagem para a alimentação animal.

Viana et al. (2011), ao avaliarem a massa seca e o perfil fermentativo em ramas de oito clones de batata-doce, observaram que a produtividade de massa seca não variou com a época de colheita das ramas entre 120, 150 e 180 dias após plantio, obtendo-se em média 6,01 Mg ha⁻¹. Os mesmos relatam que os teores de massa seca nas ramas aumentaram com o ciclo da cultura, verificando-se teores médios de 11,94; 12,16 e 19,62%, aos 120, 150 e 180 dias após o corte,

respectivamente. Assim, concluíram que as silagens das ramas de batata-doce apresentaram altos teores proteicos, energéticos e adequado perfil fermentativo, e que, portanto, apresentam potencial para utilização na alimentação animal, independentemente dos clones estudados.

As raízes são usadas para consumo humano e também alimentação animal. As ramas podem ser usadas frescas diretamente como forragem para alimentação animal (PIETROSEMOLI et al., 2016). O seu coproduto da produção de etanol, a torta de levedura oriunda da fermentação, pode também ser fornecida como componente para nutrição animal, pois é fonte de proteínas (BENNETT, 2015; PIETROSEMOLI et al., 2016).

A batata-doce tem potencial para uso como fonte de energia para dietas de aves, pois seu valor de amido é comparável ao do milho (KHAN, 2017). Pode substituir o milho por até 30% em dietas de frangos de corte e 25% em dietas de aves de postura, sem prejudicar desempenho. Os principais fatores antinutricionais presentes na batata-doce são inibidores da tripsina, que podem ser eliminados com tratamentos de calor e umidade. Os demais usos da batata-doce como a farinha da parte aérea, demonstram ter um teor de carotenóides naturalmente alto e pode ser usado como fonte de pigmento em dietas de rações direcionadas para coloração de gema, isso é importante para coloração e aceitação comercial de ovos (KHAN, 2017).

Os coprodutos da batata-doce têm uso potencial para ser o recurso de alimentação alternativa no sistema de produção de suínos de pequenos produtores. Eles são uma boa fonte de energia e têm níveis aceitáveis de propriedades nutricionais como proteína e carboidratos, nos componentes da parede celular (folhas e raízes). É aceitável o uso na dieta animal, pois os nutrientes dos coprodutos da batata-doce são digeríveis pelos suínos. O desempenho de suínos alimentados com os coprodutos, varia com os níveis de inclusão, processamento destes coprodutos e com a raça de suínos adotada, segundo Ncobela et al. (2017). Portanto, é possível selecionar cultivares de batata-doce com melhores componentes digestivos *in natura*, com reduzidos teores dos fatores antinutricionais, assim como níveis aceitáveis ou tolerados destes elementos para a alimentação animal quando crua.

Gonçalves Neto et al. (2011) concluíram em seus estudos, que os genótipos UFLA07-08, UFLA07-12, UFLA07-15, UFLA07-18, UFLA07-21, UFLA07-24, UFLA07-27, UFLA07-31, UFLA07-43, UFLA07-49 e UFLA07-53, são considerados aptos para a alimentação animal mediante caracteres relacionados a cada aptidão de interesse e pelos índices de seleção. Também Camargo et al. (2016), verificaram em metodologia semelhante, que os

genótipos UGA 08, UGA 43, UGA 71, UGA 77, UGA 90 e UGA 94 foram aptos para alimentação animal.

2.5 Batata-doce para produção de etanol

O teor de massa seca, e o teor de amido das raízes, influenciam no processamento pós-colheita e na produção de etanol. O desenvolvimento de variedades de batata-doce com altos níveis de massa seca e amido é um importante alvo dos programas de melhoramento de batata-doce (ZHANG et al., 2016b) pois o teor de massa seca de cada cultivar, ou de um novo germoplasma, é variável entre eles, em função de sua característica genética, e estão correlacionados (GONÇALVES NETO et al., 2012). O programa de melhoramento vegetal com a cultura da batata-doce, desenvolvido pela Universidade Federal do Tocantins, lançou dez novas cultivares voltados para a produção de etanol, com rendimentos proporcionais à produção de raízes, variando de 4.615,77 a 10.467,00 litros de etanol comburente por hectare (SILVEIRA et al., 2007).

Estudos de Zhang et al. (2017) mostram que tanto o teor de água, quanto a fisiologia do acúmulo de amido no desenvolvimento do tubérculo-raiz da batata-doce, afetam o teor e qualidade do amido na massa seca em diferentes genótipos. A qualidade do amido pode influenciar a eficiência na produção de álcool, pela sua conformação estrutural, apresentando algumas diferenças no teor de amilose, nas propriedades térmicas, de colagem e de hidrólise. Segundo Zhang et al. (2018), isso pode interferir diretamente no rendimento de etanol.

A batata-doce apresenta maior rendimento e produtividade de biocombustível do que culturas comuns, como cana-de-açúcar e milho, e seu coproduto, a torta de levedura oriunda da fermentação, pode também ser fornecida como componente para nutrição animal, pois é fonte de proteínas (BENNETT, 2015; PIETROSEMOLI et al., 2016).

Viana et al. (2017) obtiveram genótipos promissores (UFVJM 28), com produtividade de raízes de 43,80 Mg ha⁻¹, ótimo teor de amido, raízes, e ramas com alta digestibilidade. Estas características resultaram em ótimo rendimento efetivo em etanol, 5.930 L ha⁻¹ em 180 dias de produção e 11.860 L ha⁻¹ ano⁻¹, possibilitando alta competitividade com a cana-de-açúcar, além de apresentar outras vantagens ecológicas e sociais mais sustentáveis.

Porém, de forma geral, Viana et al. (2017) ressaltam que a produção média de raízes brasileira ainda se encontra baixa (< 14 Mg ha⁻¹), e isto implica na continuidade dos trabalhos em busca de genótipos que aliem produtividade e densidade de raízes. Isto contribui para a

produção mais competitiva de biocombustíveis, produtividade de biomassa na parte aérea para alimentação animal, além de resistência a pragas de solo, possibilitando mais qualidade às raízes e, conseqüentemente, maior produtividade.

Além de o amido ser um dos principais carboidratos consumidos pelo homem (GONÇALVES et al., 2009), seu teor em batata-doce está associado à produtividade de etanol, na quantidade de rendimento do amido durante hidrólise para conversão em etanol por ha, sendo maior na batata-doce (LÁZARI et al., 2014). De acordo com a cultivar, o amido tem seu teor variável, sendo o principal componente das raízes de reserva, pode representar 50-80% de sua massa seca (ZHOU et al., 2016).

A batata doce tem como vantagem sobre a cana-de-açúcar, uma produção maior de etanol por tonelada de raízes (130 a 140 L/Mg), além de um ciclo mais curto, de aproximadamente 6 meses, considerando que a cana-de-açúcar tem ciclo de 12 meses e produz em média 70 L/Mg (SILVA et al., 2014). Após avaliarem acessos superiores de batata-doce quanto à produtividade de etanol, Lázari et al. (2014) verificaram que produtividades de raízes equivalentes a 65 Mg ha⁻¹, com concentração de amido nas raízes próxima a 25%, conferem rendimento de etanol superior a 10.000 L ha⁻¹. Segundo Gonçalves Neto et al. (2011), alguns genótipos de batata-doce apresentam superioridade na produção de etanol quando comparados à cana-de-açúcar.

Em estudos de Camargo et al. (2016), os mesmos identificaram seis genótipos que apresentaram múltiplas aptidões, sendo que os genótipos UGA 07, UGA 49 e UGA 65 foram considerados aptos para produção de etanol e alimentação humana, e os genótipos UGA 08, UGA 71 e UGA 77 apresentaram aptidão para todas as finalidades propostas (produção de etanol, alimentação animal e consumo humano). Gonçalves Neto et al. (2011) concluíram em seus estudos, que os genótipos UFLA07-05, UFLA07-10, UFLA07-12, UFLA07-24, UFLA07-31, UFLA07-43, UFLA07-49 e UFLA07-53 são considerados aptos para produção de etanol, de acordo com os índices de seleção aplicados aos caracteres respectivos à aptidão, como produtividade, teor de amido e massa seca das raízes. Já Andrade Júnior et al. (2018), estudando o potencial quantitativo e qualitativo de 40 genótipos de batata-doce, concluíram que os genótipos Palmas e UFVJM (01, 04, 05, 07 e 53) podem ter maior potencial para a produção de etanol devido à maior produtividade de amido.

Em 2007, após formação de um banco de germoplasma de batata-doce, foram lançadas 10 cultivares de batata-doce com produtividade variando entre 28 Mg ha⁻¹ a 65 Mg ha⁻¹ para as condições do estado do Tocantins (SILVEIRA et al., 2008). O rendimento agrícola de etanol

combustível por massa e área plantada indicaram os genótipos BDI2007.PA37, BDI2007.PA26 e BDI2007.0217 e a cultivar Duda, propícios para a produção de etanol, devido à produtividade de etanol proporcional por hectare, variando de 6.136,80 a 10.007,10 litros de etanol entre os genótipos estudados (SANTANA et al., 2013).

REFERÊNCIAS

- ABIDIN, P. E.; CAREY, E.; MALLUBHOTLA, S.; SONES, K. **Guia de cultivo da Sweet potato**. Nairobi, Quênia: Africa Soil Health Consortium, 2017. 62 p.
- ADEYEYE, A. S.; AKINGBALA, O. J. Quality characteristics and acceptability of cookies from sweet potato- maize flour blends. **Nutrition e Food Science**, v. 45, n. 5, p. 703-715, 2015.
- AHMED, M. ; AKTER, M. S.; EUN, J. B. Impact of α -amylase and maltodextrin on physicochemical, functional and antioxidant capacity of spray-dried purple sweet potato flour. **J Sci Food Agric.**, v. 90, n. 3, p. 494-502, 2010.
- AINA, K. O.; FALADE, J. O.; AKINGBALA, P. Titus. Physicochemical properties of Caribbean sweet potato (*Ipomoea batatas* (L) lam) starches. *Food Bioprocess. Tech.*, v. 5. p. 576-583, 2012.
- AMARO, G. B.; FERNANDES, F. R.; SILVA, G. O.; MELLO, A. F. S.; CASTRO, L. A. S. Desempenho de cultivares de batata-doce na região do Alto Paranaíba-MG. **Horticultura Brasileira**, v. 35, n. 2, p. 286-91, 2017.
- ANDRADE JÚNIOR, V. C.; ELSAYED, A.; AZEVEDO, A.; SANTOS, E.; FERREIRA, M. Potencial Quantitativo e Qualitativo de Genótipos Batata-doce. **Scientia Agraria**, v. 19, n. 1, p. 28-35, abr. 2018. Disponível em: <<https://revistas.ufpr.br/agraria/article/view/50158>>. Acesso em: 21 set. 2018.
- 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.; VIANA, D. J. S.; FERNANDES, J. S. C.; FIGUEIREDO, J. A.; NUNES, U. R.; NEIVA, I. P. Selection of sweet potato clones for the region Alto Vale do Jequitinhonha. **Horticultura Brasileira**, v. 27, p. 389-393, 2009.
- ANTONIO, C. Y.; TAKEITI, R. A. de O.; PARK, K. J. Sweet potato: production, morphological and physicochemical characteristics, and technological process. *Fruit, Veg. Cereal. Sci. Biotech.*, v. 5, p. 1-18, 2011.
- AZEVEDO, M, A. et al. Divergência genética e importância de caracteres em genótipos de batata-doce visando a produção de silagem. **Revista Brasileira de Ciências Agrárias**, Vitória da Conquista, v. 10, n. 2, 2015a. Disponível em: http://www.agraria.pro.br/ojs-2.4.6/index.php?journal=agraria&page=article&op=view&path%5B%5D=agraria_v10i3a5165>. Acesso em> 07 set. 2018.
- AZEVEDO, A. M. et al. Desempenho agronômico e parâmetros genéticos em genótipos de batata-doce. **Hortic. Bras.**, Vitória da Conquista, v. 33, n. 1, p. 84-90, mar. 2015b. Disponível em: <http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0102-05362015000100084&lng=pt&nrm=iso>. Acesso em: 07 set. 2018.

AZEVEDO, A. M. et al. Influence of harvest time and cultivation sites on the productivity and quality of sweet potato. **Horticultura Brasileira**, v. 32, p. 21-27, 2014.

BARBOSA, M. H. P.; PINTO, C. A. B. P. Eficiência de índices de seleção na identificação de clones superiores de batata. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v. 33, p.149-156, 1998.

BENNETT, B. C. Subsistence Farming in Southern Florida (1840–1940): The Importance of Sweet Potato-In Memory of Daniel F Austin. **Economic Botanic**, v. 169, n. 3, p. 185-198, 2015.

BÉNÉZET, J. C.; STANOJLOVIC-DAVIDOVIC, A.; BERGERET, A.; FERRY, L.; CRESPIY, A. Mechanical and physical properties of expanded starch, reinforced by natural fibres. **Industrial Crops and Products**, v. 37, n. 1, p. 435–440, 2012.

BORÉM, A.; MIRANDA, G. V.; FRITSCHÉ-NETO, R. **Melhoramento de plantas**. Viçosa: UFV, 2017.

_____. **Botany, origin, evolution and biodiversity of the sweet potato**. Sweet potato Germplasm Management Training Manual. Lima, Huamán, Z. Peru: International Potato Center, 1999. p. 1–11.

CAMARGO, L. K. P.; RESENDE, J. T. V.; MÓGOR, A. F.; CAMARGO, C. K.; KURCHAIT, S. M. Uso de índice de seleção na identificação de genótipos de batata doce com diferentes aptidões. **Horticultura Brasileira**, v. 34, p. 514-519, 2016.

CIP. Centro Internacional De La Papa. **Plant breeding and farmer participation**. Chapter 13, Selection methods Part 5: Breeding clonally propagated crops. Cross Ref View Record in Scopus. CIP, International Potato Center (Annual Report – Embracing the SDGs in, 2015 : CIP, International Potato Center (Annual Report – Embracing the SDGs in 2009), CIP, 2009.

_____. **Sweetpotato facts**. Lima, Peru, 2001. Disponível em: <<http://www.cipotato.org/market/Sweetpfacts/swtpfact.htm>>. Acesso em: 04 abr. 2019.

CRUZ, C. D.; REGAZZI, A. J. **Modelos biométricos aplicados ao melhoramento genético**. 2. ed. Viçosa: UFV, 2002. 390 p.

CRUZ-TIRADO, J. P.; VEJARANO, R.; TAPIA-BLÁCIDO, D. R.; BARRAZA-JÁUREGUI, L.; SICHE, R. Bandeja de espuma biodegradável baseada em amidos isolados de diferentes espécies peruanas. **Int J Biol Macromol.**, v. 125, p. 800-807, 2019.

DUKES, P. D.; JONES, A.; SCHALK, J. S.; HARRISON, H. F.; HAMILTON, M. G. **Notice of Release to Breeders of Carolina Bunch Sweet potato Cultivar**. U.S. Washington, D.C : Dept. of Agric., Agric. Res. Serv., 1992.

EMBRAPA. Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária. **Sistema de produção da batata-doce**. 2008. Disponível em: <https://sistemasdeproducao.cnptia.embrapa.br/FontesHTML/Batata-doce/Batata-doce_Ipomoea_batatas/origem.html>. Acesso em: 06 nov. 2018.

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

FAOSTAT. Food and Agriculture Organization of the United Nations Statistics Division. **Sweet Potatoes**. Disponível em: < <http://www.fao.org/faostat/en/#data/QC/visualize>>. Acesso em: 17 abr. 2018.

FERNANDES, F. R.; AMARO, G. B.; MADEIRA, N. R.; CAVALIERI, S. D. **Biofortificação**: batata-doce Beauregard. Brasília, DF: Embrapa, 2014. 30 p. Disponível em: <<https://biofort.com.br/downloads/livros-cadernetas-e-folders/>>. Acesso em: 10 jun. 2019.

FERNANDES, F. R. **Limpeza clonal de batata-doce**: produção de matrizes com elevada qualidade fitossanitária. Brasília: Embrapa Hortaliças, 2013. 8 p.

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**, 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**, v. 30, n. 4, p. 708-712, 2012.

FOLQUER, F. **La batata (camote)**. Estudio de la planta y su producción comercial. Buenos Aires: Editorial Hemisférico Sur AS, 1978. 145p.

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**, v. 30, p. 713-719, 2012.

GONÇALVES NETO, A. C.; MALUF, W. R.; GOMES, L. A. A.; GONÇALVES, R. J. S.; SILVA, V. F.; LASMAR, A. Aptidões de genótipos de batata-doce para consumo humano, produção de etanol e alimentação animal. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v. 46, n. 1, p. 1513-1520, 2011.

GONÇALVES, M. F. V.; SARMENTO, S. B. S.; DIAS, C. T. S.; MARQUEZINI, N. Tratamento térmico do amido de batata-doce (*Ipomoea batatas* L.) sob baixa umidade em micro-ondas. **Ciência e Tecnologia de Alimentos**, v. 29, n. 2, p. 270-276, 2009.

HARRISON, H. F.; JACKSON, D. M. Response of two sweet potato cultivars to weed interference. **Crop Protection**, v. 30, n. 10, p. 1291-1296, 2011.

HUAMÁN, Z. Botany, origin, evolution and biodiversity of the sweet potato. Sweet potato Germplasm Management Training Manual. Lima, Peru: **International Potato Center**, 1999. p. 1-11.

HUAMÁN, Z. Systematic botany and morphology of the sweet potato plant. Lima: **International Potato Center**, 1992. 22 p. (Technical Information, 25).

IBGE. Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. **Sidra**. Dados de 2016. Disponível em: <<https://sidra.ibge.gov.br/tabela/5457#resultado>>. Acesso em: 02 maio 2019.

_____. Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. **Produção Agrícola Municipal 2016**. Rio de Janeiro. Disponível em: <<https://www.ibge.gov.br/estatisticas-novoportal/economicas/agricultura-e-pecuaria/9117-producao-agricola-municipal-culturas-temporarias-e-permanentes.html?=&t=downloads>> Acesso em: 04 abr. 2019.

IFPRI. Instituto Internacional de Pesquisas de Políticas Alimentares. **Relatório Global de Nutrição 2016**: Da promessa ao impacto: Acabar com a desnutrição até 2030. Washington, DC, 2016.

KEHOE, S. H.; CHOPRA, H.; SAHARIAH, S. A.; BHAT, D.; MUNSHI, R. P.; PANCHAL, F.; YOUNG, S.; BROWN, N.; TARWANDE, D.; GANDHI, M.; MARGETTS, B. M.; POTDAR, R. D.; FALL, C. H. Effects of a food-based intervention on markers of micronutrient status among Indian women of low socio-economic status. **British Journal of Nutrition**, v. 113, n. 5, p. 813-821, 2015. Disponível em: <<http://dx.doi.org/10.1017/S000711451400419X>>. Acesso em: 17 abr. 2018.

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

KHAN, S. Sweet potato (*Ipomoea batatas* (L.) Lam) as feed ingredient in poultry diets. *World's Poultry*. **Science Journal**, v. 73, n. 1, p. 77-88, p. 2017.

LAURIE, S. M.; FABER, M.; ADEBOLA, P.; BELETE, A. Biofortificação de batata-doce para segurança alimentar e nutricional na África do Sul. **Food Research International**, v. 76, p. 962- 970, 2015.

LAURIE, S. M.; FABER, M.; CLAASEN, N. Incorporar a batata-doce de polpa alaranjada no sistema alimentar como estratégia para melhorar a nutrição: o contexto da África do Sul. **Food Res Inter.**, v. 104, p. 77-85, 2017.

LA BONTE, D. R.; HARRISON, H. F. ; MOTSENBOCKER, C.E. Crop interference and tolerance to weeds in sweet potato clones. **Hort. Science**, v. 34, p. 229-232, 1999.

LÁZARI, T. M.; SILVEIRA, M. A.; DOURADO, D. P.; MIRANDA, F. F. R.; MURAISHI, C. T. Path analysis in characteristics of sweet potato clones aiming ethanol yield. **Brazilian Journal of Applied Technology for Agricultural Science**, v. 7, n. 2, p. 41-47, 2014.

LIAO, C. C.; CHEN, Y. W.; JENG, T. L.; Li, C. R.; KUO, C. F. Consumption of purple sweet potato affects post-translational modification of plasma proteins in hamsters. **J. Agric. Food Chem.**, v. 61, p. 12450-12458, 2013.

LIQING, Q.; ZHANG, M.; WANG, Y.; BHANDARI, B. Efeitos dos pré-tratamentos ultrassonográficos na qualidade de chips de batatas- doces fritas (*Ipomea batatas*) durante a fritura a vácuo assistida por micro-ondas. **Food Process Engineering**. v. 41, 8. ed. 20 set. 2018. Disponível em: <<https://onlinelibrary.wiley.com/doi/pdf/10.1111/jfpe.12879>>. Acesso em: 10 jun. 2019.

LOW, J. W.; M. ARIMOND, N.; OSMAN, B.; CUNGUARA, F.; ZANO, D. T. A food-based approach introducing orange-fleshed sweet potatoes increased vitamin A intake and serum retinol concentrations in young children in rural Mozambique¹⁻³. **The Journal of Nutrition**, v. 137, p. 1320-1327, 2007.

MAPA. Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. **Cultivares de batata-doce registradas**. 2018. Brasília. Disponível em: <http://sistemas.agricultura.gov.br/snpc/cultivarweb/cultivares_registradas.php>. Acesso em: 09 jul. 2018.

MASSAROTO, J. A.; MALUF, W. R.; GOMES, L. A. A.; FRANCO, H. D.; GASPARINO, C. F. Desempenho de clones de batata-doce. **Ambiência**, v. 10, p. 73-81, 2014.

MELLO, A. F. S. A importância socioeconômica da batata-doce para a agricultura brasileira. **EMBRAPA: Notícias**, 01 jul. 2015. Disponível em: <<https://www.embrapa.br/busca-de-noticias/-/noticia/7893745/aimportanciasocioeconomica-da-batata-doce-para-a-agricultura-brasileira>>. Acesso em: 18 jul. 2019.

MONTEIRO, A. B.; MASSAROTO, J. A.; GASPARINO, C. F.; SILVA, R. R.; GOMES, L. A. A.; MALUF, W. R.; SILVA FILHO, J. C. Silagens de cultivares e clones de batata doce para alimentação animal visando sustentabilidade da produção agrícola familiar. **Cadernos de Agroecologia**, v. 2, n. 2, p. 978-981, 2007.

MU, T.H.; TAN, S. S.; XUE, Y. L. The amino acid composition, solubility and emulsifying properties of sweet potato protein. **Food Chemistry**, v. 112, n. 4, p. 1002-5, 15 feb. 2009.

NCOBELA, C. N.; KANENGONI, A. T.; HLATINI, V. A.; THOMAS, R. S.; CHIMONYO, M. A review of the utility of potato by-products as a feed resource for smallholder pig production. **Animal Feed Science and Technology**, v. 227, p. 107-117, 2017.

OMS. Organização Mundial da Saúde. **Prevalência global de deficiência de vitamina A em populações em risco 1995–2005**. Banco de dados global da OMS sobre deficiência de vitamina A. OMS, Genebra, 2009.

PANDA, S. K.; SWAIN, M. R.; SINGH, S.; RAY, R. C. Proximate compositions of a herbal purple sweet potato (*Ipomoea batatas* L.) wine. **Journal of food processing and preservation**. v. 37, p. 596-604, 2013.

PIETROSEMOLI, S.; MORON-FUENMAYOR, O. E.; PAEZ, A.; VILLAMIDE, M. J. Effect of including sweet potato (*Ipomoea batatas* Lam) meal in finishing pig diets on growth performance, carcass traits and pork quality **Animal Science Journal**, v. 87, n. 10, p. 1281-1290, 2016.

PEDROSA, C. E.; ANDRADE JÚNIOR, V. C.; PEREIRA, R. C.; DORNAS, M. F. S.; AZEVEDO, A. M.; FERREIRA, M. A. M. Yield and Quality of Wilted Sweet Potato Vines and its Silages. **Horticultura Brasileira**, Vitória da Conquista, v. 33, n. 3, p. 283-289, 2015.

RAY, R. C.; PANDA, S. K.; SWAIN, M. R.; SIVAKUMAR, P. S. Proximate composition and sensory evaluation of anthocyanin-rich purple sweet potato (*Ipomoea batatas L.*) wine **Int. J. Food Sci. Technol.**, v. 47, p. 452-458, 2012.

REMONATO, J. R.; JUDACEWSKI, P. J.; SANTOS, L. H.; SANTOS, S. M. V.; SILVA, S. Z. Qualidade de macarrão tipo talharim elaborado com farinha de batata doce Beaugard. **Revista Agropecuária Técnica**, v. 38, n. 2, p. 91-95, 2017.

RODRIGUEZ-AMAYA, D. B.; NUTTI, M. R.; CARVALHO, J. L. V. Carotenoids of sweet potato, cassava, and maize and their use in bread and flour fortification. In: PREEDY, R. R.; WATSON, R. R.; PATEL, V. B. (Eds.). **Flour and breads and their fortification in health and disease prevention**. London; Burlington; San Diego: Academic Press; Elsevier, 2011. chap. 28, p. 301-311.

RÓS, A. B.; NARITA, N.; HIRATA, A. C. S. Produtividade de batata-doce e propriedades físicas e químicas de solo em função de adubação orgânica e mineral. **Semina: Ciências Agrárias**, Londrina, v. 35, n. 1, p. 205-214, jan./fev. 2014. Disponível em: <<http://www.uel.br/revistas/uel/index.php/semagrarias/article/viewFile/13207/14063>>. Acesso em: 17 nov. 2018.

SANTOS, A. A. **Efeito da remoção das ramas de batata-doce sobre sua produtividade e qualidade**. 2018. 60 p. Dissertação (Mestrado) - Universidade Federal Vale do Jequitinhonha e Muquiri, Diamantina, MG, 2018.

SANTANA, W. R.; MARTINS, L. P.; DA SILVEIRA, M. A.; DOS SANTOS, W. F.; GONÇALVES, R. C.; DE SOUZA, F. R.; RESPLANDES, G. R. D. S.; LIMA, M. M. Identificação agrônômica de genótipos de batata-doce em banco de germoplasma para fins industriais de etanol carburante. **Tecnol. & Ciên. Agropec.**, João Pessoa, v. 7, n. 1, p. 31-34, mar. 2013.

SEREEWAT, P. et al. Cooking properties and sensory acceptability of spaghetti made from rice flour and defatted soy flour. **LWT- Food Science and Technology**, v. 60, n. 2, p. 1061-1067, 2015.

SILVA, L. F. L.; CARVALHO, R. C.; LASMAR, A.; MALUF, W. R.; SARMIENTO, C. M. Potencial para a produção de raízes de batata-doce a partir de novos clones. **Horticultura Brasileira**, v. 31, p. 1195-1200, 2014.

SILVA, R. G. V. E. **Caracterização físico-química de farinha de batata-doce para produtos de panificação**. 2010. 71 p. Dissertação (Mestrado em Engenharia de Alimentos) - Universidade Estadual do Sudoeste da Bahia, Itapetinga, BA, 2010.

SILVEIRA, M. A. Batata-Doce: uma nova alternativa para a produção de etanol. In: **Álcool combustível** - Série Indústria em Perspectiva. Brasília: Instituto Euvaldo Lodi. Núcleo Central, 2008. cap. 8, p. 109-122.

SILVEIRA, M. A.; ANDRÉ, C. M. G.; ALVIM, T. C.; DIAS, L. E.; TAVARES, I. B.; SANTANA, W. R.; SOUZA, F. R. **A cultura da batata-doce como fonte de matéria-prima para a produção de etanol**. Palmas: Universidade Federal do Tocantins, 2007. 45p. (Boletim Técnico).

SULISTIANI, R.; ROSMAYATI, S.; LAM, H. F. (Eds.). **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, 2018.

SWEET POTATO. **In-depth nutrient profile**. Disponível em : <<http://www.whfoods.com/genpage.php?name=nutrientprofile&dbid=128>>. Acesso em: 08 set. 2018.

TAIZ, L. et al. **Fisiologia e desenvolvimento vegetal**. In: MASTROBERTI, A. A. et al. (Trad.) OLIVEIRA, P. L. (Rev.). 6. ed. Porto Alegre: Artmed, 2017.

TEOW, C. C.; TRUONG, V.; MCFEETERS, R. F.; THOMPSON, R. L.; PECOTA, K. V. YENCHO, G. C. Atividade antioxidante, conteúdo fenólico e β -caroteno de genótipos de batata-doce com diferentes cores de polpa. **Food Chem.**, v. 103, p. 829-838, 2007.

THUMÉ, M. A.; DIAS, L. E.; SILVEIRA, M. A. da. ASSIS, I. R. de. Níveis Críticos Foliare de Nutrientes de Três Cultivares de Batata-doce, selecionados para a produção de etanol. **Revista Ceres**, Viçosa, v. 60, n. 6, p. 863 - 875, 2013.

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**, v. 23, n. 1, p. 59-74, 2016.

TUMUHIMBISE, G. A.; NAMUTEBI, J. H. Muyonga. Microstructure and in vitro beta carotene bioaccessibility of heat processed orange fleshed sweet potato. **Plant Food Human Nutrition**, v. 64, p. 312-318, 2009.

USAID. United States Agency for International Development). **Orange-Fleshed Sweet Potatoes: Improving Lives in Uganda**. Nutritious crop addresses critical vitamin A deficiency. USAID, 2015. Disponível em: <<https://www.usaid.gov/results-data/success-stories/orange-fleshed-sweet-potatoes-improving-lives-uganda>>. Acesso em: 17 jun. 2018.

VIANA, D. J. S.; PINTO, N. A. V. D.; DIAS, K. P. F.; NELSON, D. L.; PANTOJA, L. A.; PINTO, N. A. V. D.; ANDRADE JÚNIOR, V. C.; SANTOS, A. S. Evaluation of productivity of sweet potato genotypes for first and second generation bioethanol production. **African Journal of Biotechnology**, v. 16, n. 49, p.2289-2298, 6 dec. 2017.

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**, v. 41, n. 8, p. 1466-1471, 2011.

VIEIRA, S.T. et al. Efeito da substituição da farinha de trigo no desenvolvimento de biscoitos sem glúten. **Brazilian Journal of Food Technology**, v. 18, n. 4, p. 285-292, 2015a.

VIEIRA, A. D.; MIRANDA, V. C.; ALVES, A. F.; TAVARES, A.T.; MOMENTÉ, V.G. Agronomic evaluation of clones of sweet potato with potential for ethanol production. **Brazilian Journal of Applied Technology for Agricultural Science**, v. 8, n. 1, p. 69-74, 2015b.

VIZZOTTO, M.; PEREIRA, E. S.; VINHOLES, J. R.; MUNHOZ, P. C.; FERRI, N. M. L.; CASTRO, L. A. S.; Krolow, A. C. R. Physicochemical and antioxidant capacity analysis of colored sweet potato genotypes: in natura and thermally processed. **Ciência Rural**, v. 47, n. 4, p. 1-8, 2017.

ZHANG, X.; YANG, Y.; ZUFANG, W.; PEIFANG, W. The Modulatory Effect of Anthocyanins from Purple Sweet Potato on Human Intestinal Microbiota in Vitro. **J. Agric. Food Chem.**, v. 64, p. 12, p 2582–2590, 2016a.

ZHANG, M.; PAN, L. J. ; JIANG, S. T. ; MO, Y. W. Protective effects of anthocyanins from purple sweet potato on acute carbon tetrachloride-induced oxidative hepatotoxicity fibrosis in mice. **Food and Agricultural Immunology**, v. 27, p. 157–170, 2016b.

ZHANG, Z. et al. Comparative transcriptome analysis reveals critical function of sucrose metabolism related-enzymes in starch accumulation in the storage root of sweet potato. **Frontiers in Plant Science**, v. 8, p. 914, 2017.

ZHANG, L. et al. Characterization and comparative study of starches from seven purple sweet potatoes, **Food Hydrocolloids**, v. 80, p. 168-176, 2018. Disponível em: <<http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0268005X17319458>> Acesso em: 06 jun. 2018.

ZHOU, Y. X.; CHEN, Y. X.; TAO, X.; CHENG, X. J.; WANG, H. Y. Isolation and characterization of cDNAs and genomic DNAs encoding ADP-glucose pyrophosphorylase large and small subunits from sweet potato. **Mol. Genet. Genomics.**, v. 291, p. 609–620, 2016.

WANG, G. L.; YUE, J.; SU, D. X.; FANG, H. J. Estudo da atividade antioxidante da batata-doce e seu efeito inibidor no crescimento do câncer S180. **Ying Yang Xue Bao**, v. 28, p. 71-74, 2006.

YENCHO G. C. Et al. ‘Covington’ sweet potato. **Hortscience**, v. 43, p. 1911-1914, 2008.

SEGUNDA PARTE – ARTIGO*

ARTIGO 1 - SELEÇÃO DE GENÓTIPOS DE BATATA-DOCE PARA DIFERENTES APTIDÕES AGRONÔMICAS

RESUMO

O objetivo deste trabalho foi identificar a aptidão de genótipos de batata-doce oriundos de sementes botânicas, e selecioná-los para consumo humano, produção de etanol e alimentação animal, por meio de índices de aptidão. Utilizou-se o delineamento experimental de blocos incompletos com controle de linha e coluna, usando restrição de parentesco no sorteio. Como tratamentos foram avaliados 1604 genótipos meios-irmãos, oriundos da recombinação de 55 progênies da coleção de germoplasma da Universidade Federal de Lavras (UFLA). Além destes genótipos, também foram inseridos na avaliação, dois acessos (UFVJM 58 e UFVJM 61) pertencentes ao banco de germoplasma da Universidade Federal dos Vales do Jequitinhonha e Mucuri (UFVJM), e usados como tratamentos testemunhas, totalizando 1606 tratamentos. Os índices de aptidão corresponderam às médias dos valores dos treze caracteres avaliados, atribuídos pesos a cada característica, conforme a aptidão avaliada. Os dados coletados em campo foram transformados e padronizados para três aptidões de interesse. Em seguida, utilizando-se o índice Z_i , e levando-se em consideração o parentesco entre meios-irmãos com 2,5% de pressão de seleção, foram selecionados os genótipos mais promissores pelo modelo misto, por meio do BLUP, em relação às características avaliadas e a aptidão de interesse. Foram identificadas nove progênies como selecionáveis para programas de melhoramento às aptidões de: produção de etanol (1; 14; 18; 19; 55; 68 e 72), alimentação animal (1; 14; 18; 19; 55; 61; 68; UFVJM 58 e 72) e consumo humano (1; 14; 18; 55; 68; UFVJM 58 e 72). Dos 1604 genótipos testados, 60 genótipos foram selecionados para aptidões únicas e múltiplas, equivalente a 37 genótipos mais duas testemunhas, aptos à produção de etanol, 36 mais duas testemunhas à alimentação animal e 38 para o consumo humano, incluindo uma testemunha. Dos genótipos avaliados, 16 apresentaram tripla aptidão (produção de etanol, alimentação animal e consumo humano), seis genótipos de dupla aptidão (alimentação animal e produção de etanol), 11 para alimentação animal e consumo humano, e cinco para consumo humano e produção de etanol. Ainda foram observados cinco genótipos com aptidão única para alimentação animal, sete para consumo humano e 12 para produção de etanol. Assim, este trabalho foi eficiente na triagem das aptidões comerciais, de forma que os dados obtidos subsidiarão informações importantes para programas de melhoramento genético da batata-doce. Perante a geração desta nova variabilidade, torna-se possível, estudos para lançamento de novas cultivares, importante para a soberania alimentar nacional, com significativa contribuição social.

Palavras-chave: *Ipomoea batatas*, consumo humano, alimentação animal, bioetanol, produção de energia.

SWEET POTATO CLONES SELECTION TO FOR DIFFERENT AGRONOMIC APTITUDES

ABSTRACT

This study aimed to identify the aptitude of sweet potato genotypes from botanical seeds, and to select them for human consumption, ethanol production and animal feeding, by means of aptitude indices. The experimental design of incomplete blocks with row and column control was used, using kinship restriction in the draw. A total of 1604 half-sibling genotypes resulting from the recombination of 55 progenies from the germplasm collection of the Universidade Federal de Lavras (UFLA) were used. In addition to these genotypes, two accessions (UFVJM 58 and UFVJM 61) belonging to the germplasm bank of the Universidade Federal dos Vales do Jequitinhonha e Mucuri (UFVJM) were used as control treatments, totaling 1606 treatments. The aptitude indices corresponded to the averages of the values of the 13 evaluated characters, in which weights were attributed to each characteristic according to the evaluated aptitude. The data collected in the field were transformed and standardized for three aptitudes of interest. The most promising genotypes were selected by the mixed model through BLUP in relation to the evaluated characteristics and the aptitude of interest, using the Zi index and taking into account the kinship between half siblings with 2.5% selection pressure. Nine progenies were identified as selectable for breeding programs: ethanol production (1; 14; 18; 19; 55; 68 and 72), animal feeding (1; 14; 18; 19; 55; 61; 68; UFVJM 58 and 72) and human consumption (1,14,18,55,68; UFVJM 58 and 72). A total of 60 genotypes were selected for single and multiple aptitudes, consisting of 37 genotypes plus two controls for ethanol production, 36 genotypes plus two controls for animal feeding and 38 genotypes plus one control for human consumption. Considering the selected genotypes, 16 genotypes presented triple aptitude (ethanol production, animal feeding and human consumption), six genotypes presented dual aptitude (animal feeding and ethanol production), 11 genotypes presented aptitude for animal feeding and human consumption and five genotypes presented aptitude for human consumption and ethanol production. Moreover, five genotypes presented unique aptitude for animal feeding, seven genotypes presented unique aptitude for human consumption and 12 genotypes presented unique aptitude for ethanol production. Thus, this study was efficient in screening commercial aptitudes, providing important information for sweet potato breeding programs. Given this variability, it is possible to study the release of new cultivars, which is of great importance for national food independence, which represents a significant social contribution.

Keywords: *Ipomoea batatas*. Human consumption. Animal feeding. Bioethanol. Energy production.

1 INTRODUÇÃO

A batata-doce é uma importante hortaliça que contribui para a segurança alimentar brasileira, em que, cerca de 20% dos municípios brasileiros, a utiliza para a sua subsistência e comercialização (MELLO, 2015). Na alimentação humana representa o principal destaque, pois é fonte de suprimento de energia, vitaminas e minerais (VIEIRA et al., 2015). Além disso, a

planta apresenta potencial como alimento funcional, visto a presença de compostos bioativos como carotenóides e antocianinas (VIZOTTO et al., 2017; LAURIE et al., 2017; ZHANG et al., 2016), antioxidantes (VIZOTTO et al., 2017) e fitonutrientes (SWEET POTATO, 2014).

A cultura apresenta uma grande diversidade genética, o que é de ampla relevância para o melhoramento genético. Isso se deve ao alto potencial de recombinações existentes dentro da espécie. King e Bamford (1937) contaram os cromossomos de 13 espécies de *Ipomoea*, e verificaram que dentre elas somente a *I. batatas* tinha 90 cromossomos, o que explica a grande diversidade existente. Além disso, a cultura é estritamente alógama, hexaplóide e autoincompatível ($2n=6x=90$) (KING; BAMFORD, 1937). Isso confere alto grau de heterozigose nas populações segregantes.

Diante disso, as sementes botânicas apresentam alta possibilidade de uso nos programas de melhoramento para obtenção de novas variedades (FOLQUER, 1978). Isto ocorre, porque potencialmente, cada semente obtida pode dar origem a um novo genótipo comercial. Este processo de recombinação, obtenção de sementes e triagem é a base para a seleção e melhoramento da cultura da batata-doce, o qual pode envolver várias etapas de policross e seleção recorrente (CIP, 2009).

No Brasil, a batata-doce possui um alto número de genótipos, dado seus cruzamentos aleatórios ao longo da sua domesticação. Isso conferiu à espécie, usos variados, como a produção de etanol, produção de forragem, consumo humano, ou como progenitores em programas de melhoramento genético (TORQUATO-TAVARES et al., 2016). Todavia, além da sua utilização para o consumo humano, pouco se tem explorado das demais aptidões agrônômicas potenciais da cultura, em especial nos programas de melhoramento consolidados. Dessa forma, os programas de melhoramento desempenham importante papel no desenvolvimento e difusão de genótipos adaptados às diferentes potencialidades e regiões.

Na seleção de genótipos de batata-doce para as diferentes aptidões agrônômicas, o uso dos índices de seleção com pesos específicos para o consumo humano, alimentação animal, e produção de etanol, tem se mostrado como instrumento útil e eficiente na seleção (CAMARGO et al., 2016; GONÇALVES NETO et al., 2011). Todavia, além das ferramentas estatísticas tradicionais, o uso de estratégias mais refinadas pode maximizar a aplicação dos índices na seleção, aumentando sua eficiência. Dentre estas ferramentas, o uso das técnicas que adotam modelos mistos tem se destacado, como por exemplo, o *Best Linear Unbiased Prediction* (BLUP), desenvolvido por C. R. Henderson, na década de 40 (BERNARDO, 2002). O BLUP é uma ferramenta de maior precisão para a análise em uma gama de aplicações, substituindo,

com vantagem, o método ANOVA, especialmente nos casos de experimentos com certos graus de desbalanceamento (BERNARDO, 2002). Além disso, o método confere alta eficiência na classificação e no ordenamento dos genótipos (BORGES et al., 2010).

Diante disso, a combinação da aplicação dos índices genéticos de aptidões e da técnica BLUP, pode conferir maior acurácia na seleção dos genótipos para diferentes potencialidades. Isso maximiza a escolha dos genótipos superiores que poderão compor as populações recombinantes futuras e/ou mesmo serem lançadas comercialmente. Nesse sentido, o objetivo deste trabalho foi identificar a aptidão de genótipos de batata-doce oriundos de sementes botânicas, e selecioná-los para consumo humano, produção de etanol, e alimentação animal, por meio de índices de seleção.

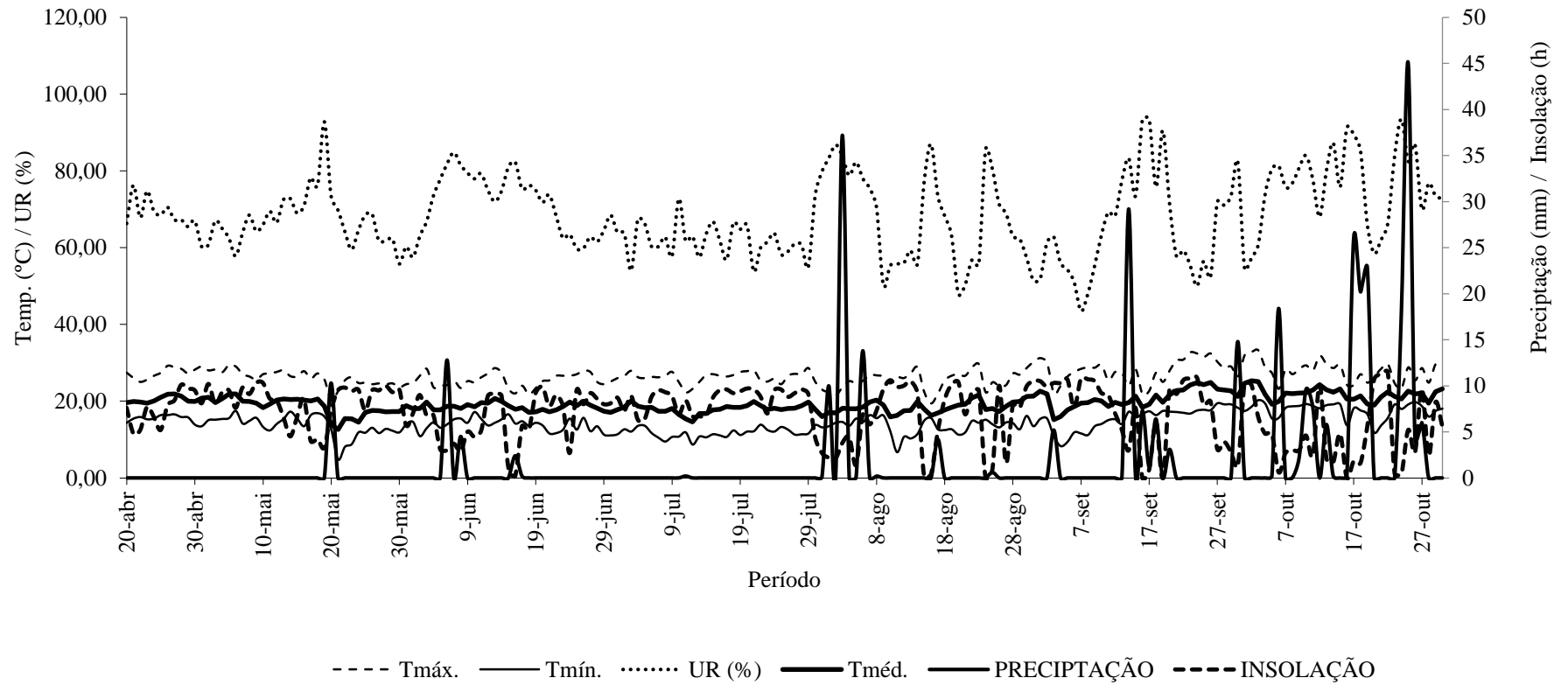
2 MATERIAL E MÉTODOS

2.1 Local e implantação

O experimento foi conduzido na área experimental do Setor de Olericultura da Universidade Federal de Lavras (UFLA), Lavras, MG, situada à latitude de 21°14'S, longitude 45°00'W e altitude de 918 m. O solo do local é classificado como Latossolo Vermelho Distroférico típico (LVdf). A classificação climática proposta por Köppen é do tipo Cwa, com inverno seco e chuvas predominantes no verão, com precipitação total média anual de 1530 mm e temperatura média anual de 19,4 °C (BRASIL, 1992; DANTAS; CARVALHO; FERREIRA, 2007).

Os dados climáticos do período são apresentados na Figura 1.

Figura 1 - Temperatura máxima, média, mínima, umidade relativa, insolação e precipitação, de Lavras-MG entre 20 de abril a 27 de outubro de 2018 (180 dias).



Fonte: Do autor (2019).

Os dados foram obtidos da Estação Climatológica Principal de Lavras (altitude: 918 m; latitude: 21° 14' S; longitude: 45° 00' W). A mesma está localizada no campus da Universidade Federal de Lavras - UFLA pertencente à rede de observações meteorológicas de superfície do INMET – Instituto Nacional de Meteorologia, mediante convênio entre essas instituições.

2.2 Origem das matrizes e obtenção dos tratamentos

Os genótipos foram obtidos do cruzamento aleatório (policruzamento) de 55 progênes (matrizes) do banco de germoplasma de batata-doce da UFLA. Este banco foi formado com clones originários do banco de germoplasma da Universidade Federal dos Vales do Jequitinhonha e Mucuri, em Diamantina, MG. As matrizes foram recombinadas em campo, no período de fevereiro a novembro de 2017, no município de Lavras, MG.

Das 81 progênes utilizadas, 55 floresceram e sofreram recombinação, as quais produziram 12.903 sementes. Ressalta-se, porém, que houve variação na quantidade e qualidade de sementes produzidas em cada progênie. Todavia, destas 55 progênes, foram selecionadas 31 com base na sua produção de sementes, e também no seu histórico produtivo avaliado em Diamantina. Assim, 2.000 sementes separadas por progênie foram selecionadas. O número de sementes coletadas por progênie variou em função do florescimento e do potencial de produção de sementes de cada progênie. Levadas ao Laboratório de Avaliação de Hortaliças, do setor de Olericultura, para o rompimento da dormência tegumentar com uso de ácido sulfúrico.

O processo de escarificação química das sementes foi realizado seguindo a metodologia de Rossel et al. (2008). As sementes foram contadas e colocadas em cadinhos de porcelana, separadas e identificadas por progênie. Posteriormente, foi adicionado o ácido sulfúrico concentrado (98%) sobre as sementes, por meio de uma pipeta graduada de 1 ml, deixando-se agir por 40 minutos. Feito isso, diluiu-se a solução coando as sementes em água corrente, as quais foram colocadas sobre uma rede plástica e amarradas sob água corrente por mais 10 minutos. Por fim, as sementes foram colocadas em caixas gerbóx, distribuídas de forma equidistantes, sobre papel Germitest com umidade constantemente mantida com água destilada; sendo as caixas identificadas e armazenadas em câmaras BOD (Byosistem Organized Development) para germinação, com fotoperíodo de 12 horas e temperatura de 25 °C, por sete dias.

Das 2.000 sementes selecionadas, 81,35% germinaram após o tratamento com ácido sulfúrico, dando origem a 1.627 plântulas. Após a germinação, as plântulas foram transplantadas para bandejas de polietileno com 162 células, contendo substrato artificial e mantidas sob irrigação em casa de vegetação durante 30 dias.

Posteriormente, as mudas foram transplantadas para canteiros no solo com 1,0 m de largura e 0,25 m de altura, espaçadas de 0,25 m entre plantas e 0,30 m entre fileiras, separadas por progênie. O objetivo desta etapa foi a produção de ramas num berçário para posterior clonagem de cada genótipo (indivíduo de uma semente botânica). Esta fase de obtenção inicial das ramas é denominada “A – Clones” pelo *International Potato Center* (CIP, 2009).

Logo após três meses de crescimento em canteiro e produção de brotações e ramas, foram coletadas três ramas (6 a 8 gemas e 0,3 a 0,4 m) de cada plântula e plantadas na etapa de ‘avaliação clonal’ em leiras.

2.3 Avaliação clonal

Esta fase foi realizada visando avaliação e caracterização dos 1.627 genótipos obtidos (tratamentos), denominada de Triagem pelo CIP - *Plant breeding* (2009). O experimento foi implantado em campo no mesmo local das etapas anteriores (Setor de Olericultura do DAG-UFLA). Inicialmente foi realizada a análise do solo da área, visando posterior adubação conforme recomendado pela CFSEMG (1999). Não houve a necessidade de calagem.

O preparo de solo foi a partir de uma subsolagem, gradagem pesada e outra para nivelamento. Em seguida, foi realizado o levantamento das leiras, espaçadas em 1,0 m, com auxílio de um sulcador/enleirador tipo bico de pato de 3 linhas. A adubação de plantio consistiu de 700 kg ha⁻¹ da formulação do fertilizante N-P-K da fórmula 04-14-08 e 10 Mg ha⁻¹ de composto orgânico estabilizado para uma produtividade esperada de 20,00 Mg ha⁻¹ segundo a CFSEMG (1999), considerando um solo de fertilidade média. Após o plantio, foi realizada uma única adubação de cobertura com 30 kg ha⁻¹ de nitrogênio, com o uso de 150 kg ha⁻¹ de sulfato de amônio (20% de N₂O) aos 30 dias após plantio (DAP).

O plantio das ramas da batata-doce foi realizado em 26 de abril de 2018 e a colheita no dia 29 de outubro de 2018 (185 dias de ciclo). O espaçamento utilizado no plantio foi de 0,30 m entre plantas, sendo três plantas por parcela com profundidade de plantio da rama igual a 0,15 m, e espaçamento entre as leiras de 1,0 m, correspondendo a uma população de 33.333

plantas ha⁻¹. O replantio foi realizado necessariamente para manter as três plantas da unidade experimental (UE) até 15 DAP.

Após a avaliação do pegamento das ramas aos 15 DAP, foram identificadas 23 parcelas onde as ramas não sobreviveram. O replantio destas 23 parcelas não foi possível, pois não haviam ramas no berçário destas respectivas plântulas. Assim, foram replantadas nestas mesmas parcelas repetições das testemunhas, cujo objetivo foi contribuir para mensuração do erro puro experimental, que antes seria calculado em 73 parcelas, agora com 96.

A área foi vistoriada periodicamente para identificação de pragas e doenças, observação e tomadas de decisão, e não foi necessário a aplicação de produtos de controle fitossanitário.

A irrigação utilizada foi pelo método de aspersão convencional com uso de mangueira plana de polietileno linear de baixa densidade, perfurada a raio laser, com turno de rega a fim de repor a capacidade de campo (85%) e a ETc até os 90 DAP. Após isso, manteve-se a umidade do solo a 60% da capacidade de campo.

O controle de plantas daninhas foi realizado por meio de capinas manual, sendo repetido quando necessário, de acordo com o nível de infestação até aos 170 DAP da cultura. O tempo entre o plantio e a colheita foi de 180 dias, a fim de proporcionar a chance de que todos genótipos precoces e tardios atingissem o ponto de colheita, sendo a colheita realizada manualmente com auxílio de enxada.

2.4 Delineamento experimental e tratamentos

O delineamento experimental utilizado foi em linhas e colunas Incompletos (DBI) semelhante a um DBI de *Honyaku design* (FEDERER, 1956). Os tratamentos regulares consistiram de 1.604 genótipos de batata-doce meios-irmãos, oriundos de 31 progênies. Também foram incluídos dois tratamentos testemunhas oriundos do banco germoplasma de Diamantina (UFVJM 58 e UFVJM 61). Visando quantificar o erro puro experimental, as testemunhas foram avaliadas com repetições, sendo inseridas 49 parcelas do genótipo UFVJM 58 e 47 parcelas da UFVJM 61, totalizando 1.723 parcelas instaladas no experimento. As mesmas foram aleatorizadas com a restrição de haver o mínimo de proximidade entre genótipos meios-irmãos aparentados (mesma mãe).

O delineamento em blocos incompletos proporciona otimizar a área experimental, economizar mão de obra de implantação, condução e avaliação, redução do número de testemunhas a serem utilizadas, e uma maior eficiência nos parâmetros avaliados, maximizando

os resultados, possibilitando testar um grande número de genótipos ao mesmo tempo. O plano de sorteio do delineamento em blocos incompletos levou em consideração os fatores de blocos de linha e coluna, inclusive a restrição de parentesco das progênies de cada matriz, buscando distanciar os tratamentos pelo parentesco de progênies e entre irmãos no croqui.

As parcelas experimentais foram implantadas nas leiras, com as dimensões de 0,9 m x 1,0 m cada, totalizando 0,9 m² e representando a unidade experimental (UE). Em cada UE foram plantadas três ramas de 0,3 m (6 a 8 gemas), espaçadas de 0,3 m entre si. No total foram construídas 17 leiras de 90 m de comprimento espaçadas 1,0 m entre si. A área total do experimento foi de 0,18 ha (90 m x 20 m). Neste tipo de delineamento, há o controle do erro experimental em dois sentidos, tanto na linha quanto na coluna. Logo, são estabelecidos dois tipos de blocos. Os 17 blocos da leira apresentando dimensões de 90,0 m x 1,0 m, contendo 100 parcelas experimentais cada. Já os 100 blocos transversais (transversal às leiras) apresentaram as dimensões de 17,0 m x 1,0 m, constituído por 17 parcelas experimentais cada.

2.5 Variáveis avaliadas

Em cada unidade experimental foram avaliadas as seguintes características:

- a) Pegamento Inicial: o pegamento de plantas após 15 dias do plantio foi realizado contando-se o número de plantas que sobreviveram ao transplante de cada parcela, com brotações e folhas verdes, sendo este número de 0 a 3 por parcela, realizado por um avaliador. Esta característica não foi incluída nos índices de seleção, sendo adotada apenas como uma co-variável.
- b) Porte ereto: foi avaliado aos 110 dias após o plantio utilizando notas de desenvolvimento da parte aérea de acordo com Huamán (1999), sendo o tipo de planta determinado pelo comprimento das principais ramas: 3-Ereto (<75 cm); 5-Semi-compacto (75 - 150 cm); 7-Espalhado (151 - 250 cm); 9- Extremamente espalhando (> 250 cm). As notas foram dadas por três avaliadores, sendo o valor final expresso pela média dos três. As notas preferidas são consideradas aquelas próximas da nota 3 para aptidão ao consumo humano por serem mais compactas, podendo variar de acordo com sua aptidão;
- c) Produtividade de massa verde da parte aérea (ramas + folhas): no momento da colheita da parte aérea foi medida a massa da parte aérea de cada parcela, ceifando todas as ramas da parcela pela haste no nível do solo, pesando e expressando os resultados em Mg ha⁻¹;

- d) Agrupamento de raízes: no momento da colheita das raízes, de acordo com a disposição das raízes tuberizadas na leira, foi avaliado seguindo o proposto pela metodologia de Huamán (1999), com a utilização de notas sendo: fechado (3), aberto (5), disperso (7) ou muito disperso (9). Na leira de cultivo no campo, as notas foram dadas por três avaliadores, sendo o valor final expresso pela média dos três. As notas preferidas são consideradas aquelas próximas da nota 3 por apresentarem raízes agrupadas no colo da planta, e facilitarem a colheita, podendo variar de acordo com sua aptidão.
- e) Produtividade de raízes totais: durante a colheita foi avaliada por meio da pesagem de todas as raízes de cada parcela, anotando-se como peso de corte quais possuíam pesagem acima de 1,2 kg (o que representa $>13,333 \text{ Mg ha}^{-1}$ próximo a média nacional) sendo os resultados expressos em Mg ha^{-1} . Foram pesadas as raízes das parcelas que apresentavam coloração interna roxa, amarela ou alaranjada, identificadas como funcionais, independente do critério de corte.
- f) Formato geral das raízes: durante a colheita foi avaliado o formato da raiz atribuindo-se notas de 1 a 5 (AZEVEDO et al., 2002), sendo a nota 1= raiz com formato fusiforme, regular, sem veias ou qualquer tipo de rachaduras; 2= raiz com formato considerado bom, próximo de fusiforme, com algumas veias; 3= raiz com formato desuniforme, com veias e bastante irregular; 4= raízes muito grandes, com veias e rachaduras, indesejáveis comercialmente; e 5= raízes totalmente fora dos padrões comerciais, muito irregulares e deformadas, com muitas veias e rachaduras. As notas foram dadas por dois avaliadores sendo o valor final expresso pela média dos dois, as notas próximas de 1 são consideradas as mais desejadas e a nota 5 a menos desejada (a nota 1 é a melhor, e a nota 5 é a pior para formato geral).
- g) Resistência a insetos do solo: foi avaliado de acordo com Azevedo et al. (2014) com notas de 1= livres de danos por insetos; 2= poucos danos; 3= danos que prejudicam o aspecto comercial; 4= danos que a tornam praticamente imprestável para comercialização; 5= danos que a tornam inaceitável para fins comerciais. Realizada por dois avaliadores sendo o valor final expresso pela média dos dois. As notas próximas de 1 são consideradas as mais desejadas e a nota 5 a menos desejada (a nota 1 é a melhor, e a nota 5 é a pior para resistência a insetos).
- h) Coloração predominante da casca das raízes: foi avaliado seguindo o proposto pela metodologia de Huamán (1999), com notas sendo, 1-branco, 2-creme, 3-amarelo, 4-laranja, 5-Laranja acastanhada, 6-rosa, 7-vermelho, 8-vermelho púrpura, 9-roxo escuro.

As notas foram dadas por dois avaliadores, sendo o valor final expresso pela média dos dois.

- i) Coloração Predominante da polpa das raízes para o comércio e indústria no geral: foi avaliado seguindo o proposto pela metodologia de Huamán (1999), sendo, a coloração dada por notas imediatamente após a colheita sendo: 1-Branco, 2-Creme, 3-Creme escuro, 4-Amarelo pálido, 5-Amarelo escuro, 6-Laranja pálido, 7-Laranja intermédia, 8-Laranja escura, 9-Fortemente pigmentado com antocianinas (roxa). As notas foram dadas por dois avaliadores, sendo o valor final expresso pela média dos dois.
- j) Coloração Predominante da polpa das raízes para produção de betacaroteno, alimento funcional: foi avaliado seguindo o proposto pela metodologia de Huamán (1999), sendo, a coloração dada por notas imediatamente após a colheita sendo: 1-Branco, 2-Creme, 3-Creme escuro, 4-Amarelo pálido, 5-Amarelo escuro, 6-Laranja pálido, 7-Laranja intermédia, 8-Laranja escura, 9-Fortemente pigmentado com antocianinas. As notas foram dadas por dois avaliadores, sendo o valor final expresso pela média dos dois.
- k) Intensidade da coloração predominante da polpa: foi avaliado por meio de notas, por dois avaliadores, tendo o valor expresso pela média dos dois, pelos gradientes em valores de 1 a 3 sendo: 1 – pálida; 2 – Intermediária e 3 – Intensa.
- l) Padrão comercial: avaliado por dois avaliadores tendo o valor expresso pela média dos dois, com notas de 1 – Pior padrão e totalmente fora de comercialização; 2 – Raízes muito grandes deformadas com muitos defeitos; 3 – Raízes com características que a prejudicam medianamente para a comercialização; 4 – Raízes com boas características para a comercialização, com poucos defeitos; 5 – Raízes com ótimo estado e características favoráveis a comercialização. Quanto mais próximo de 5 melhor é a nota para o padrão comercial para mesa. Foi desenvolvida pelos autores visando praticidade, eficiência e rapidez na avaliação, diante o grande número de tratamentos.
- m) Massa seca de raízes e ramas: Durante a colheita a título de referência descritiva, foi amostrado 163 parcelas de raízes (de 0,25 a 0,3 kg) e 163 amostras em parcelas de ramas (de 0,5 a 0,7 kg), sendo coletada distribuída em todo experimento, direcionado uma amostra a cada 10 parcelas colhidas na leira, a fim de serem picadas, pesadas e levadas a estufa de circulação de ar forçado, e 65° C até peso constante, feito isso encontrada a massa seca de raízes e ramas em porcentagem.

No momento da colheita, as parcelas que não possuíam raízes tuberizadas ou com peso inferior a 1,2 kg, foram descartadas. Este valor representa aproximadamente 13,5 Mg ha⁻¹, que

é próximo à produtividade média nacional (14,07 Mg ha⁻¹ de raízes) (FAOSTAT, 2018; ANDRADE JÚNIOR et al., 2018). Este descarte não foi realizado para as raízes de coloração de polpa roxa, alaranjada ou amarela por serem biofortificadas e importantes no melhoramento como alimento funcional, devido seus compostos bioativos.

2.6 Análises estatísticas

Os dados foram inicialmente transformados para satisfazer a distribuição normal, e para garantir a aditividade do índice que seria analisado. O roteiro da transformação foi o que segue:

- a) Transformação de BOX e COX (1964):

$$y_t = (y^{\lambda})^{\lambda^{-1}} / \lambda \quad (1)$$

- b) Padronização das variáveis, e dos índices resultantes para cada uma das aptidões:

$$z = (y_t - \text{media}(y_t)) / \text{desv. padrão}(y_t) \quad (2)$$

- c) Ajuste do modelo linear misto e obtenção dos BLUPs de famílias e de genótipos, seguindo Henderson (1984):

$$y = Xb + Za + e \quad (3)$$

com as seguintes distribuições e estruturas de médias e variâncias:

$$\begin{aligned} a &\sim N(0, G) \\ e &\sim N(0, R) \end{aligned} \quad (4)$$

em que:

y: vetor de observações;

b: vetor paramétrico dos efeitos fixos, com matriz de incidência X;

a: vetor paramétrico dos efeitos aleatórios, com matriz de incidência Z;

e: vetor de erros aleatórios;

G: matriz de variância - covariância dos efeitos aleatórios;

R: matriz de variância - covariância dos erros aleatórios;

0: vetor nulo.

Para cada uma das aptidões propostas (produção de etanol, alimentação animal e consumo humano), foi estimado um índice de seleção que corresponde à ponderação das médias das variáveis padronizadas (Z_i) por pesos atribuídos a cada característica, conforme cada aptidão (TABELA 1). Foram testados outros coeficientes para o índice e escolheu-se estes, por

dar melhores resultados em termos da dispersão entre os BLUP dos materiais genéticos e de resultar em seleções de genótipos diferentes para cada aptidão.

Tabela 1 - Pesos atribuídos às características de relevância para cada aptidão em 1.604 genótipos de batata-doce avaliados no município de Lavras, MG. UFLA, 2018.

Características	Produção de etanol ⁽¹⁾	Alimentação animal ⁽¹⁾	Consumo humano ⁽¹⁾
Pegamento estabelecimento inicial	-	-	-
Porte ereto	0	5	7
Agrupamento de raízes	5	1	5
Produtividade de raízes totais	10	7	10
Resistência a insetos de solo	-5	-5	-5
Coloração da casca das raízes	0	0	1
Coloração predominante da polpa das raízes para o comércio e indústria no geral	0	0	-1
Coloração Predominante da polpa das raízes para produção de betacaroteno, alimento funcional	0	0	5
Intensidade da coloração predominante	0	1	5
Formato geral de raízes	0	0	-5
Produtividade de massa verde da parte aérea	2	7	2
Padrão comercial geral	0	0	10
Total dos pesos	22	26	56

⁽¹⁾ Pesos negativos, uma vez que altos valores absolutos são considerados indesejáveis.

Fonte: Adaptado de Gonçalves Neto et al. (2011).

As ponderações indicadas representam a importância relativa de cada característica para o índice de aptidão considerado (GONÇALVES NETO et al., 2011). Assim, a produção total de raízes (comerciais ou não), foi o fator com maior ponderação na aptidão para etanol biocombustível, seguida do agrupamento das raízes. Quanto à aptidão para mesa, destaca-se a produção de raízes totais, seguida do padrão comercial geral à qualidade física visual. Para alimentação animal, há destaque às produções de raízes totais e da massa verde da parte aérea (GONÇALVES NETO et al., 2011). Os pesos atribuídos foram negativos para as características formato geral de raízes, resistência a insetos de solo, coloração da polpa das raízes para o comércio e indústria no geral, para as quais os valores numericamente altos nas escalas utilizadas são considerados indesejáveis.

Foram considerados aptos os melhores genótipos que estavam compreendidos no índice de 2,5% de pressão de seleção em cada aptidão, selecionando-se aproximadamente 20 a 40 genótipos potenciais para cada aptidão proposta.

Embora haja certa subjetividade na ponderação apontada na Tabela 1, ela reflete o consenso dos pesquisadores com experiência envolvidos em projetos de pesquisa com a cultura da batata-doce na Universidade Federal de Lavras, uma vez que critérios mais precisos envolvendo a importância econômica relativa de cada item não estão disponíveis até o momento para a cultura. Logo, a seleção com base em um ou poucos caracteres pode resultar em alterações desfavoráveis nos demais, já que possivelmente existam correlações genéticas negativas entre eles (GONÇALVES NETO et al., 2012).

O delineamento em blocos incompletos foi analisado via modelo misto, com efeitos aleatórios de progênies e de clones dentro de progênies. Os dois clones usados como testemunhas foram o parâmetro de estimação do erro puro experimental. Os demais testes e inferências foram os comuns a efeitos aleatórios (BUENO; VENCOSKY, 2000).

Todas as análises dos dados foram executadas utilizando o *software* estatístico R (R CORE TEAM, 2018).

3 RESULTADOS E DISCUSSÃO

Considerando o critério para descarte inicial das parcelas menos promissoras, no momento da colheita foram descartados 858 genótipos (53,42%) dos 1.606 avaliados, além dos 23 genótipos que não sobreviveram ao pegamento. Das 842 parcelas restantes, incluindo as 96 das testemunhas, todas foram efetivamente avaliadas pelos 13 caracteres de notas e pesagens, por motivos laborais e de maximização dos resultados. A produtividade média de raízes dos 746 genótipos avaliados no experimento de 27,71 Mg ha⁻¹ foi quase o dobro da média nacional, que é de 14,07 Mg ha⁻¹ de raízes (ADRADE JÚNIOR et al., 2018; FAOSTAT, 2018), excluindo-se as testemunhas. Isso mostra a potencialidade agronômica destes genótipos para o melhoramento. Isto pode ter sido favorecido pela sua rusticidade, adaptabilidade para ambientes de estresse edafoclimático, alta tolerância à seca e ciclo curto (VIANA et al., 2017).

Para o melhoramento da cultura, o descarte realizado é importante, pois evita que sejam selecionados genótipos com má formação inicial ou com crescimento lento e deficitário. Muitas das vezes, estes genótipos são mais susceptíveis ao ataque de pragas e doenças, ou apresentam pouca adaptação ao período de cultivo e ao solo. Outro ponto importante é que foram

descartados genótipos que, mesmo com alta produção de ramas, não apresentaram formação de raízes de reserva.

Já o fato de não descartar genótipos com raízes de coloração de polpa roxa, alaranjada e amarela, foi devido serem essenciais para a seleção visando a obtenção de genótipos aptos a produção de alimentos biofortificados e funcionais. Estas raízes possuem compostos bioativos essenciais à saúde humana como compostos pró-vitamina A e antocianina (VIZOTTO et al., 2017), e apresentam potencial para comporem novos programas de seleção ou melhoramento visando a biofortificação.

Santos (2018a) afirma que a batata-doce se adapta bem à produção em sistemas de baixo nível tecnológico. Todavia, o mesmo destaca também que, considerando o potencial agrônomico da cultura, o melhoramento da batata-doce pode proporcionar a seleção de cultivares com altas produtividades, favorecendo sua utilização em cultivos com emprego de alta tecnologia. Isto é potencializado quando a seleção ocorre conforme suas aptidões em genótipos de alto potencial (GONÇALVES NETO, 2011), foco neste trabalho.

3.1 Seleção em nível de progênies (matrizes ou famílias)

O efeito no índice genético de seleção dos BLUPs de 2,5 % foi adequado na seleção de progênies e genótipos, é o mais viável, visto grande número de genótipos testados, como observado em trabalhos semelhantes conduzidos por Camargo et al. (2016) e Gonçalves Neto et al. (2011). Desta forma, foi possível selecionar uma quantidade viável de genótipos para futuras recombinações. Estes autores também utilizaram índices de seleção e padronizações das médias em genótipos de batata-doce. No entanto, os mesmos não consideraram o grau parentesco, como realizado neste trabalho.

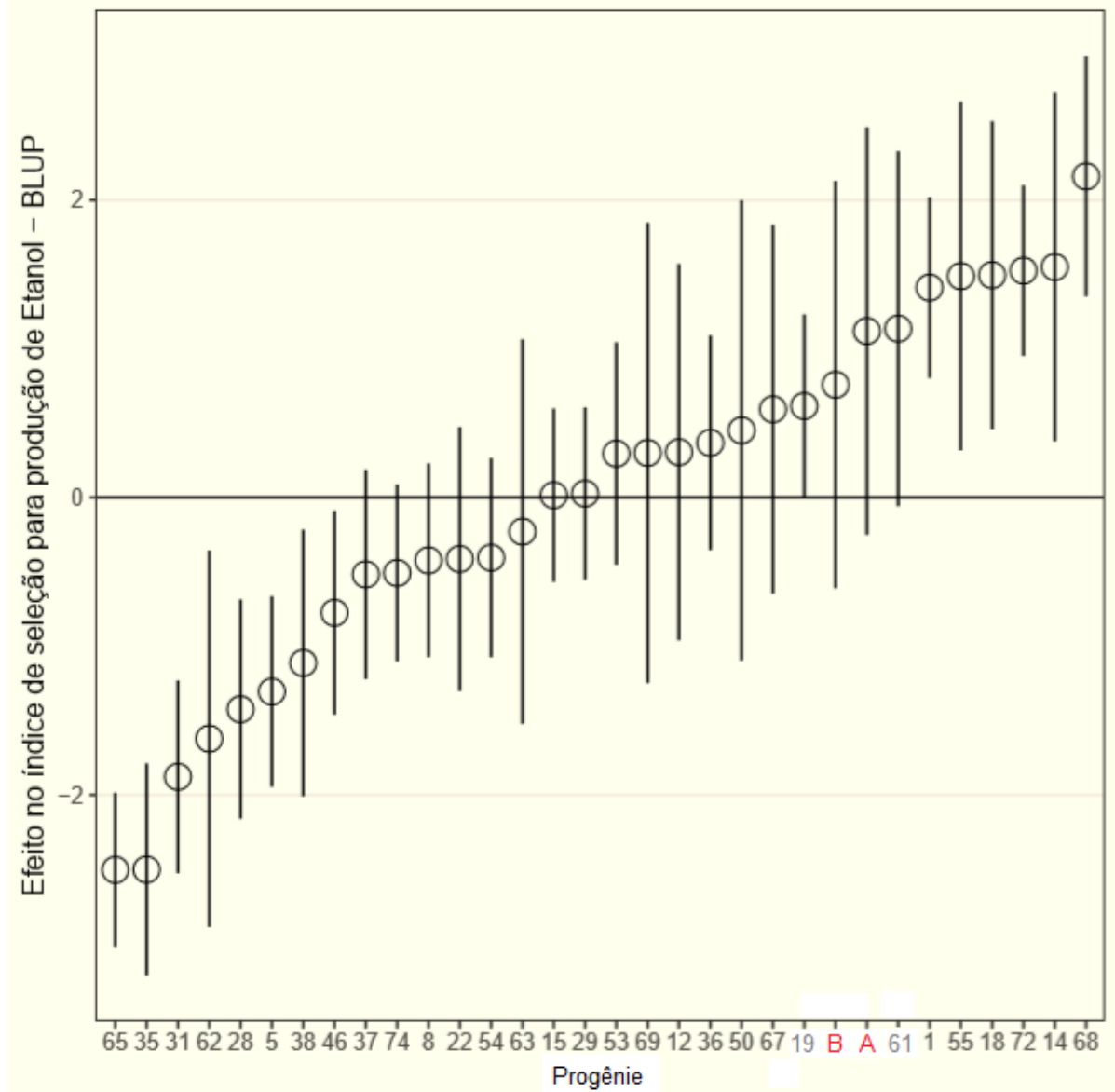
Os resultados obtidos dos BLUPs para cada aptidão em nível de progênie (FIGURAS 1, 2 e 3) indicaram que esta seleção é mais interessante que a seleção em nível de indivíduo. Isso ocorre porque os limites inferiores para o erro de predição das progênies foram menores que os limites dos genótipos individualmente. Isto está relacionado ao fato de que cada progênie apresenta repetições no experimento, através do parentesco do sorteio.

Esta maior confiabilidade indica que é possível selecionar progênies apropriadas para o desenvolvimento de programas de melhoramento de cada aptidão, com grupos de progênies específicas e eficientes por meio dos BLUPs. Isto se dá pela restrição na casualização, graus de parentesco e precisão nas análises em populações de polinização livre (BUENO;

VENCOVSKY, 2000). O uso de modelos mistos e associados à ferramenta dos BLUPs tem sido aplicado de forma eficiente em outras hortaliças, como na seleção de genótipos de cenoura (SILVA et al., 2011), morango (COSTA et al., 2015), pimentão (PIMENTA et al., 2016), e até com batata-doce (BORGES et al., 2010).

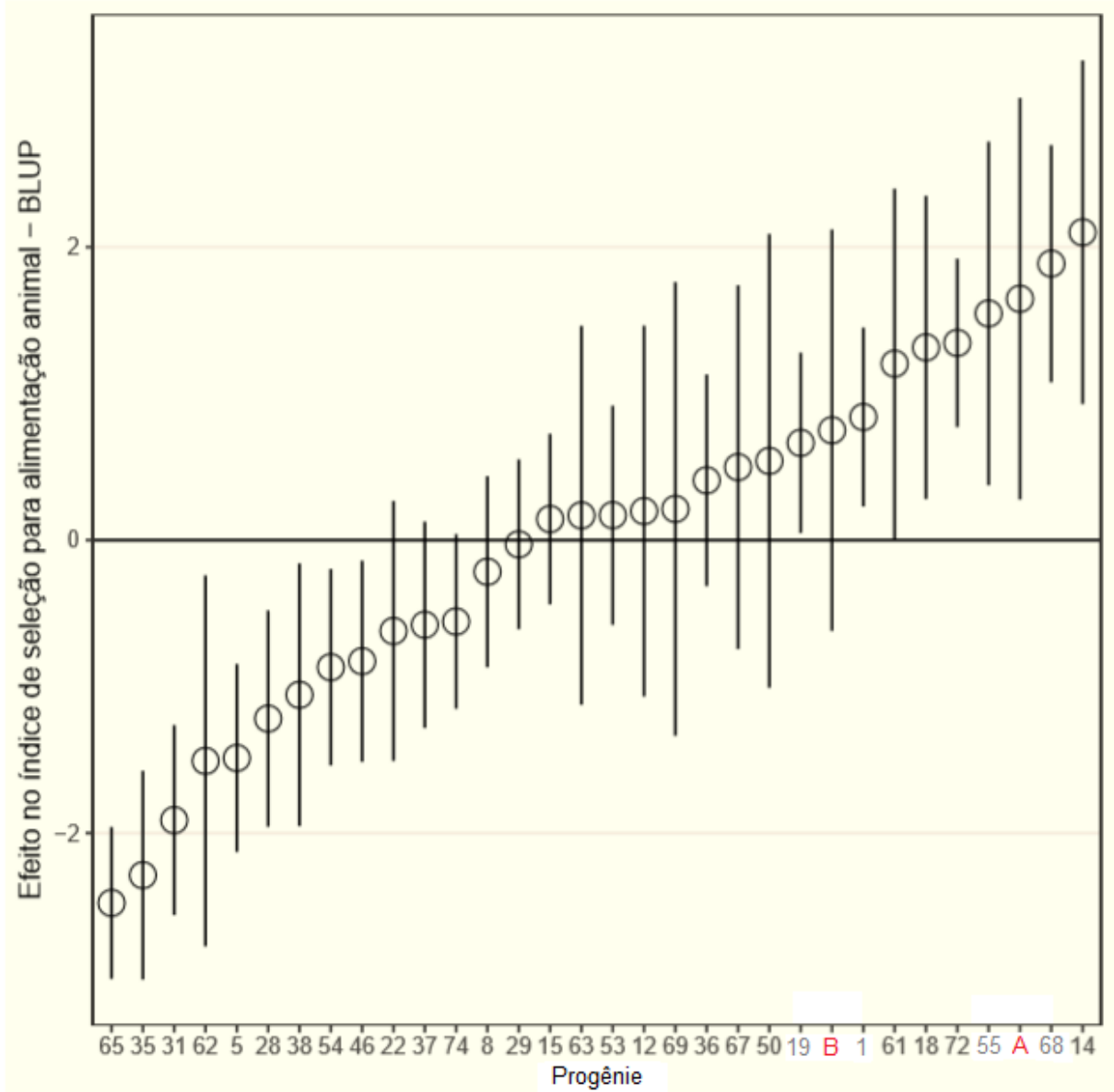
Os resultados obtidos demonstram que foi possível selecionar oito progênes distintas para as três aptidões propostas (FIGURAS 2, 3 e 4). Para a produção de etanol, as progênes mais indicadas foram a 1, 14, 18, 19, 55, 68 e 72 (FIGURA 2). Para aptidão à alimentação animal, as progênes indicadas foram 1, 14, 18, 19, 55, 61, 68 e 72, e a testemunha UFVJM 58 (FIGURA 3). Já para aptidão ao consumo humano, as progênes 1, 14, 18, 55, 68, 72 e a testemunha UFVJM 58 foram as de destaque (FIGURA 4).

Figura 2 - BLUP do índice de seleção para 32 progênes de batata-doce selecionáveis dentro da aptidão para produção de etanol. Lavras-MG, UFLA, 2019. Testemunhas: A (UFVJM 58); B (UFVJM 61).



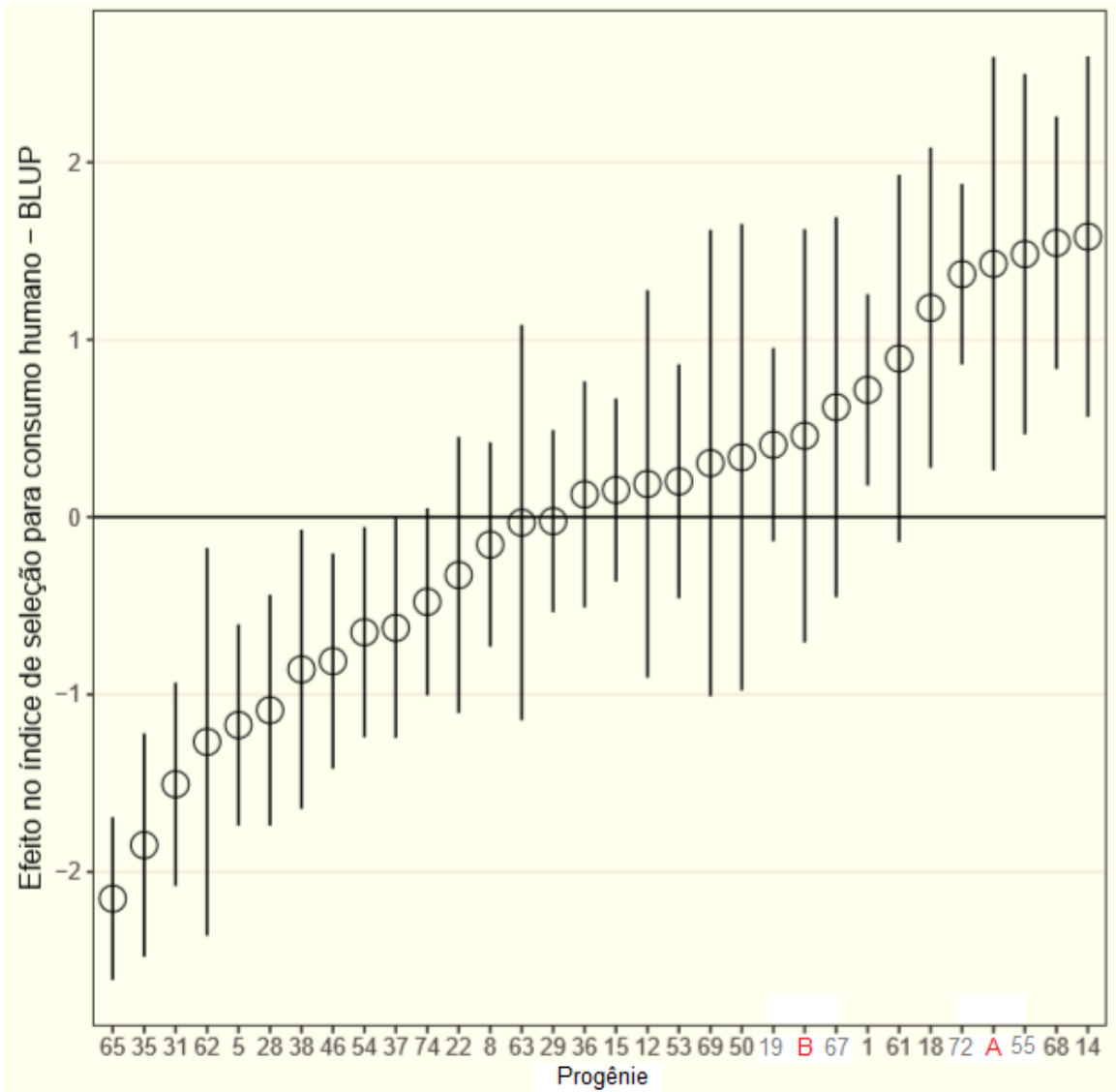
Fonte: Do autor (2019).

Figura 3 - BLUP do índice de seleção para 32 progênies de batata-doce selecionáveis dentro da aptidão para alimentação animal. Lavras-MG, UFLA, 2019. Testemunhas: A (UFVJM 58); B (UFVJM 61).



Fonte: Do autor (2019).

Figura 4 - BLUP do índice de seleção para 32 progênes de batata-doce selecionáveis dentro da aptidão para o consumo humano. Lavras-MG, UFLA, 2019. Testemunhas: A (UFVJM 58); B (UFVJM 61).



Fonte: Do autor (2019).

O intervalo de predição dos BLUPs foi favorável à identificação de progênes promissoras em cada aptidão. Quanto mais acima o limite inferior do erro de predição estiver da média zero, maior indicativo de superioridade da progênia em relação às demais (FIGURAS 2, 3 e 4). Esta informação facilita a tomada de decisão do melhorista no momento da escolha das matrizes a serem utilizadas do banco de germoplasma para futuros programas de melhoramento e recombinações, quando houver interesse em considerar a aptidão desejada. Isto irá permitir maior ganho e avanço na seleção, devido maior acerto na escolha das matrizes recombinantes.

Foi observado que dentro de cada aptidão, as progênies apresentaram índices com diferentes comportamentos (TABELA 2). Pode ser observado nesta tabela, que os índices maiores que as estimativas de erro dos BLUPs de progênie, proporcionam a seleção daquelas mais promissoras para uma única aptidão. Todavia houve progênies que apresentaram múltiplas aptidões, ou seja, o índice de seleção foi maior que a estimativa do erro do BLUP em mais de uma aptidão. As progênies selecionáveis são evidenciadas em negrito na linha.

Tabela 2 - BLUP do índices de seleção (I) e estimativa do erro (E) para as aptidões de produção de etanol (Et.) (I (Et.) e E (Et.)), alimentação animal (An.) (I (An.) e E (An.)) e consumo humano (Hum.) (I (Hum.) e E (Hum.)) em 32 progênie de batata-doce avaliadas em Lavras, MG. UFLA, 2019. *Progênie aptas em negrito.

Progênie	I (Et.)	E (Et.)	I (An.)	E (An.)	I (Hum.)	E (Hum.)
1	1,41*	0,61	0,84	0,61	0,72	0,54
5	-1,30	0,64	-1,48	0,64	-1,17	0,57
8	-0,42	0,65	-0,22	0,65	-0,15	0,58
12	0,31	1,27	0,19	1,27	0,19	1,09
14	1,55	1,17	2,10	1,17	1,58	1,02
15	0,02	0,58	0,14	0,58	0,15	0,51
18	1,49	1,03	1,32	1,03	1,18	0,90
19	0,62	0,62	0,66	0,65	0,41	0,54
22	-0,41	0,89	-0,62	0,89	-0,35	0,78
28	-1,42	0,74	-1,22	0,74	-1,09	0,65
29	0,03	0,58	-0,03	0,58	-0,02	0,51
31	-1,88	0,65	-1,91	0,65	-1,51	0,57
35	-2,50	0,71	-2,28	0,71	-1,85	0,63
36	0,37	0,72	0,41	0,72	0,13	0,64
37	-0,52	0,73	-0,58	0,70	-0,62	0,62
38	-1,11	0,89	-1,06	0,89	-0,86	0,79
46	-0,77	0,69	-0,83	0,69	-0,81	0,61
50	0,45	1,55	0,54	1,55	0,34	1,31
53	0,29	0,75	0,17	0,75	0,20	0,62
54	-0,40	0,67	-0,87	0,67	-0,65	0,59
55	1,49	1,17	1,55	1,17	1,48	1,02
61	1,14	1,19	1,20	1,19	0,89	1,03
62	-1,62	1,27	-1,51	1,27	-1,27	1,09
63	-0,23	1,29	0,17	1,29	-0,03	1,11
65	-2,50	0,52	-2,48	0,52	-2,15	0,46
67	0,59	1,24	0,49	1,24	0,62	1,07
68	2,16	0,81	1,89	0,81	1,55	0,71
69	0,29	1,55	0,21	1,55	0,30	1,32
72	1,52	0,57	1,34	0,57	1,37	0,51
74	-0,50	0,59	-0,55	0,59	-0,48	0,53
UFVJM-61	0,76	1,37	0,75	1,37	0,46	1,16
UFVJM-58	1,12	1,37	1,65	1,37	1,43	1,16

Fonte: Do autor (2019).

O uso destas oito progênie mais promissoras às três aptidões estudadas pode favorecer o programa de melhoramento da cultura. Futuras recombinações destas matrizes podem

propiciar um efeito heterótico favorável nas populações segregantes, com maior chance de sucesso no surgimento de genótipos promissores.

Logo, as progênes mais promissoras para futuras recombinações visando triplas aptidões são UFVJM (1, 14, 18, 55, 68 e 72). Para recomendação com a dupla aptidão, recomenda-se à alimentação animal e consumo humano, a testemunha UFVJM 58. Já para a dupla aptidão visando a alimentação animal e etanol, selecionou-se a progênie UFVJM 19. Com relação à recomendação única, a progênie UFVJM 61 foi a selecionada com aptidão especificamente para alimentação animal.

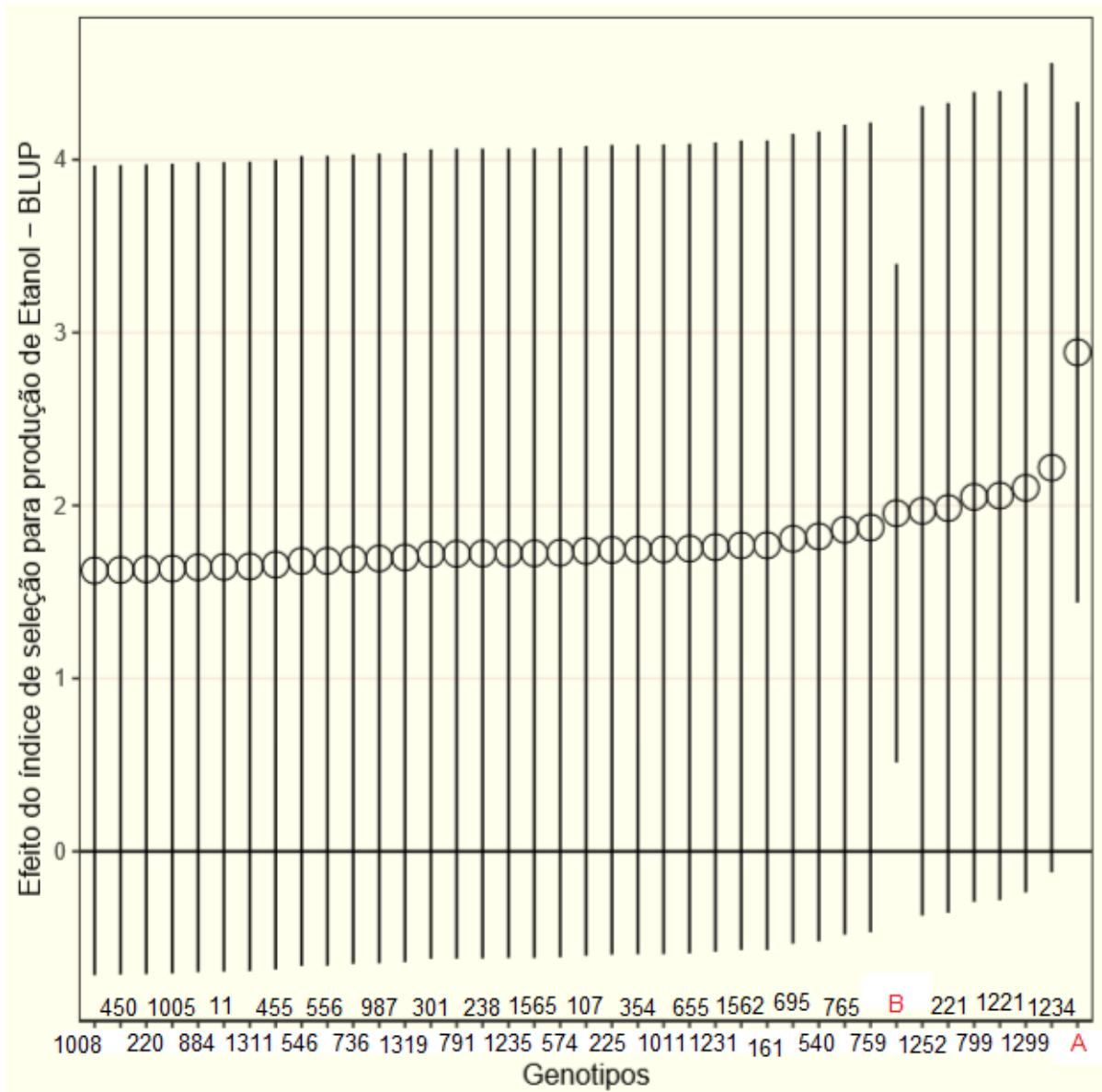
Estes resultados vêm colaborar para o surgimento de novos programas de melhoramento com a cultura, visto que já foram identificados os seus potenciais para produção de etanol, alimentação animal, e consumo humano ou múltiplas aptidões. Isto potencializa maior assertividade e ganhos com seleção, uma vez que se utilizou matrizes já identificadas e caracterizadas quanto a aptidão. Além disso, esta identificação pode favorecer novas recombinações ou utilização como progenitoras, sendo assim, útil em programas específicos para a aptidão que se deseja alcançar, tanto na seleção de novos genótipos, como na recombinação de grupos de interesse, melhorando as médias da população.

3.2 Seleção em nível de genótipo (indivíduo oriundo de semente botânica)

Foi possível identificar dentro dos 746 genótipos avaliados, além das duas testemunhas, aqueles mais promissores para a seleção. Tendo em vista o grande número de genótipos promissores, a aplicação da pressão de seleção de 2,5% em cada aptidão, permitiu a seleção de 60 genótipos para as três aptidões propostas (FIGURAS 5, 6 e 7). Esta restrição no número de genótipos selecionados é importante, pois, viabiliza a operacionalidade de futuros experimentos de recombinação destes genótipos, garantindo a variabilidade genética, porém, sem comprometer a viabilidade operacional de experimentos futuros de recombinação devido ao grande número de genótipos, e também pela necessidade de conservação *in vivo* dos mesmos.

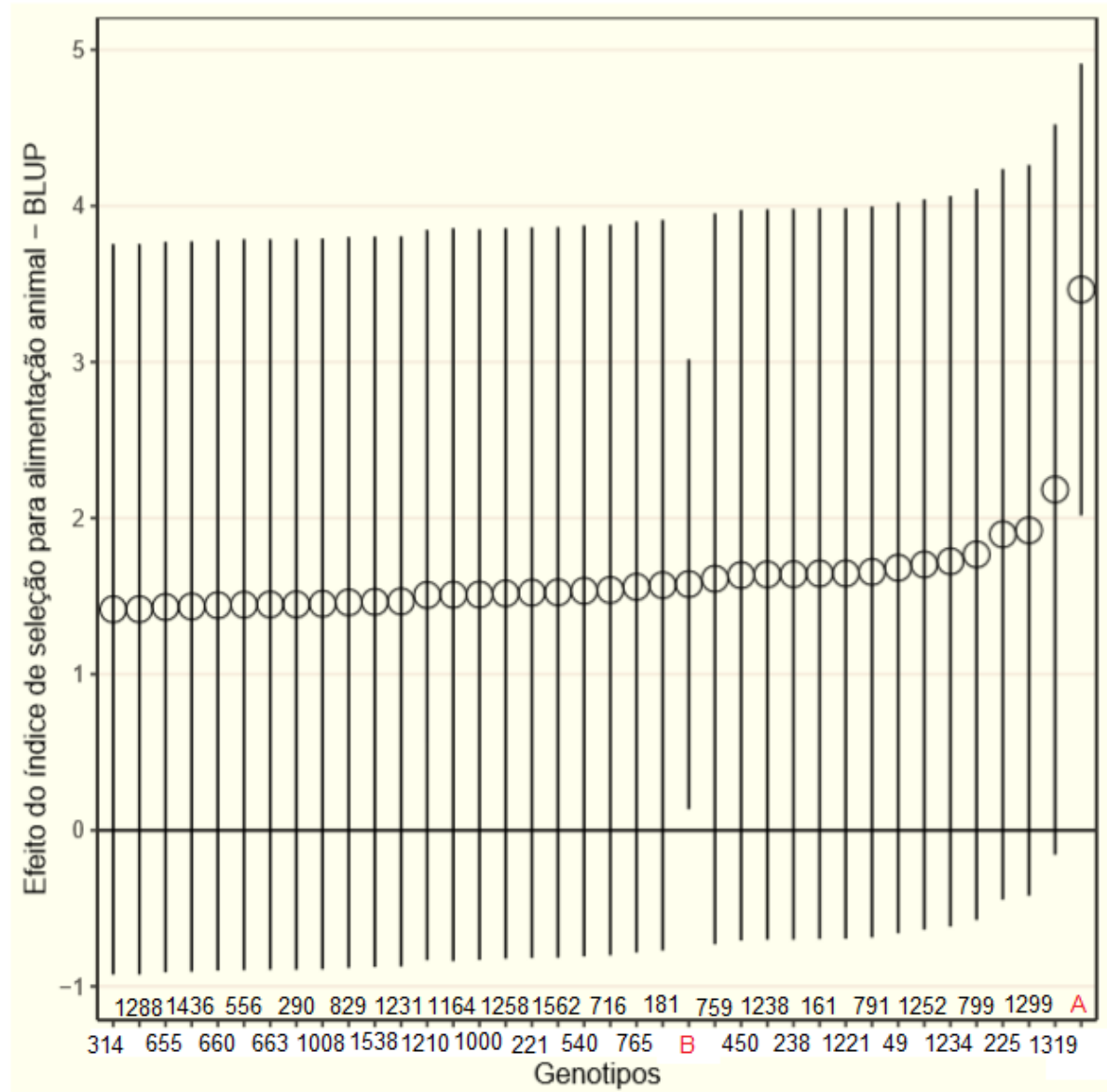
Observa-se que o gráfico de BLUP de efeito do índice de seleção, os genótipos são apresentados por um *zoom* no gráfico original, correspondendo somente aos melhores genótipos selecionados para cada aptidão de interesse. O valor “0” do gráfico indica a média dos valores genéticos oriundo das características dos melhores genótipos selecionados em relação ao índice estabelecido. Os genótipos apresentados nos gráficos são, portanto, selecionáveis dentro de cada aptidão proposta.

Figura 5 - BLUP do índice de seleção para 39 genótipos de batata-doce selecionáveis dentro da aptidão para a produção de etanol, dos 1.604 genótipos avaliados em Lavras – MG, UFLA 2019. Testemunhas: A (UFVJM 58); B (UFVJM 61).



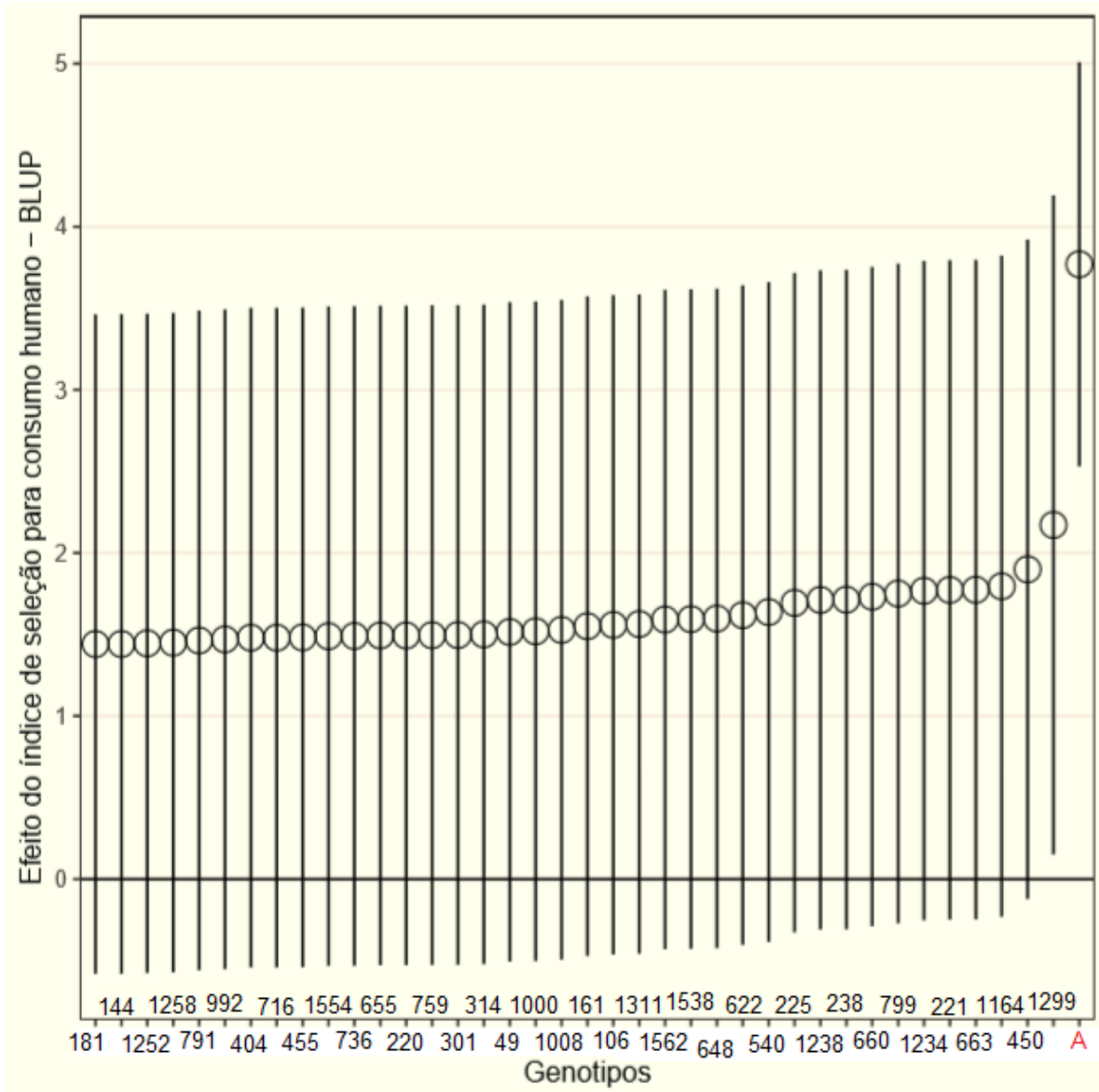
Fonte: Do autor (2019).

Figura 6 - BLUP do índice de seleção para 38 genótipos de batata-doce selecionáveis dentro da aptidão para a alimentação animal, dos 1.604 genótipos avaliados em Lavras – MG, UFLA, 2019. Testemunhas: A (UFVJM 58); B (UFVJM 61).



Fonte: Do autor (2019).

Figura 7- BLUP do índice de seleção para 39 genótipos de batata-doce selecionáveis dentro da aptidão para o consumo humano, dos 1.604 genótipos avaliados em Lavras-MG, UFLA, 2019. Testemunha: A (UFVJM 58).



Fonte: Do autor (2019).

Os 60 genótipos selecionáveis pertencem a um total de 16 progênies das 32 utilizadas na recombinação (TABELA 3). Das nove progênies que foram selecionadas nos BLUPs (testemunha UFVJM 58 inclusa), 55,55% estão entre as 16 progênies representadas entre os genótipos, ou seja, cinco delas em comum. Isso reforça o potencial destas como melhores progênies entre os genótipos, provando, mais uma vez, seus potenciais para futuros programas de melhoramento e recombinações como matrizes.

Tabela 3 - Índice genético dos genótipos aptos. BLUP do índice de seleção (I), erro da estimativa (Erro), aptidões e múltiplas aptidões, para produção de etanol, alimentação animal e consumo humano, em 1604 genótipos de batata-doce testadas em Lavras-MG, UFPA, 2019. (continua).

Código de genótipo			Produção de etanol (E)			Alimentação Animal (A)			Consumo Humano (C)			Múltiplas aptidões			
Ano	Progênie	Genótipo	I(E)	Erro	Status	I(A)	Erro	Status	I(C)	Erro	Status	Animal e Etanol	Animal e Humana	Humana e Etanol	Tripla aptidão
2018	1	11	1,65	2,34	Apto	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
2018	1	49	-	-	-	1,68	2,34	Apto	1,52	2,02	Apto	-	Apto	-	-
2018	5	106	-	-	-	-	-	-	1,56	2,02	Apto	-	-	-	-
2018	5	107	1,74	2,34	Apto	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
2018	5	144	-	-	-	-	-	-	1,44	2,02	Apto	-	-	-	-
2018	5	161	1,77	2,34	Apto	1,65	2,34	Apto	1,55	2,02	Apto	-	-	-	Apto
2018	8	181	-	-	-	1,57	2,34	Apto	1,44	2,02	Apto	-	Apto	-	-
2018	8	220	1,63	2,34	Apto	-	-	-	1,49	2,02	Apto	-	-	Apto	-
2018	8	221	1,98	2,34	Apto	1,65	2,34	Apto	1,77	2,02	Apto	-	-	-	Apto
2018	8	225	1,74	2,34	Apto	1,89	2,34	Apto	1,69	2,02	Apto	-	-	-	Apto
2018	8	238	1,72	2,34	Apto	1,64	2,34	Apto	1,71	2,02	Apto	-	-	-	Apto
2018	15	290	-	-	-	1,45	2,34	Apto	-	-	-	-	-	-	-
2018	15	301	1,71	2,34	Apto	-	-	-	1,49	2,02	Apto	-	-	Apto	-
2018	15	314	-	-	-	1,42	2,34	Apto	1,50	2,02	Apto	-	Apto	-	-
2018	15	354	1,74	2,34	Apto	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
2018	19	404	-	-	-	-	-	-	1,48	2,02	Apto	-	-	-	-
2018	19	450	1,63	2,34	Apto	1,63	2,340	Apto	1,89	2,02	Apto	-	-	-	Apto
2018	19	455	1,66	2,34	Apto	-	-	-	1,48	2,02	Apto	-	-	Apto	-
2018	28	540	1,82	2,34	Apto	1,53	2,34	Apto	1,64	2,02	Apto	-	-	-	Apto
2018	28	546	1,68	2,34	Apto	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
2018	28	556	1,68	2,34	Apto	1,45	2,34	Apto	-	-	-	Apto	-	-	-
2018	29	622	-	-	-	-	-	-	1,62	2,02	Apto	-	-	-	-
2018	29	648	-	-	-	-	-	-	1,59	2,02	Apto	-	-	-	-
2018	29	655	1,75	2,34	Apto	1,43	2,34	Apto	1,49	2,02	Apto	-	-	-	Apto
2018	29	660	-	-	-	1,44	2,34	Apto	1,73	2,02	Apto	-	Apto	-	-
2018	29	663	-	-	-	1,45	2,34	Apto	1,77	2,02	Apto	-	Apto	-	-

Tabela 3 - Índice genético dos genótipos aptos. BLUP do índice de seleção (I), erro da estimativa (Erro), aptidões e múltiplas aptidões, para produção de etanol, alimentação animal e consumo humano, em 1604 genótipos de batata-doce testadas em Lavras-MG, UFLA, 2019. (continua).

Código de genótipo			Produção de etanol (E)			Alimentação Animal (A)			Consumo Humano (C)			Múltiplas aptidões			
Ano	Progênie	Genótipo	I(E)	Erro	Status	I(A)	Erro	Status	I(C)	Erro	Status	Animal e Etanol	Animal e Humana	Humana e Etanol	Tripla aptidão
2018	31	695	1,81	2,34	Apto	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
2018	31	716	-	-	-	1,54	2,34	Apto	1,48	2,02	Apto	-	Apto	-	-
2018	31	736	1,69	2,34	Apto	-	-	-	1,49	2,02	Apto	-	-	Apto	-
2018	35	759	1,87	2,34	Apto	1,61	2,34	Apto	1,49	2,02	Apto	-	-	-	Apto
2018	35	765	1,86	2,34	Apto	1,56	2,34	Apto	-	-	-	Apto	-	-	-
2018	35	791	1,72	2,34	Apto	1,66	2,34	Apto	1,46	2,02	Apto	-	-	-	Apto
2018	35	799	2,05	2,34	Apto	1,77	2,34	Apto	1,75	2,02	Apto	-	-	-	Apto
2018	36	829	-	-	-	1,46	2,34	Apto	-	-	-	-	-	-	-
2018	37	884	1,64	2,34	Apto	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
2018	46	987	1,69	2,34	Apto	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
2018	46	992	-	-	-	-	-	-	1,47	2,02	Apto	-	-	-	-
2018	46	1000	-	-	-	1,51	2,34	Apto	1,52	2,02	Apto	-	Apto	-	-
2018	46	1005	1,63	2,34	Apto	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
2018	46	1008	1,62	2,34	Apto	1,45	2,34	Apto	1,53	2,02	Apto	-	-	-	Apto
2018	46	1011	1,75	2,34	Apto	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
2018	61	1164	-	-	-	1,51	2,35	Apto	1,79	2,02	Apto	-	Apto	-	-
2018	65	1210	-	-	-	1,51	2,34	Apto	-	-	-	-	-	-	-
2018	65	1221	2,06	2,34	Apto	1,52	2,34	Apto	-	-	-	Apto	-	-	-
2018	65	1231	1,76	2,34	Apto	1,47	2,34	Apto	-	-	-	Apto	-	-	-
2018	65	1234	2,22	2,34	Apto	1,72	2,34	Apto	1,77	2,02	Apto	-	-	-	Apto
2018	65	1235	1,72	2,34	Apto	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
2018	65	1238	-	-	-	1,64	2,34	Apto	1,71	2,02	Apto	-	Apto	-	-
2018	65	1252	1,97	2,34	Apto	1,70	2,34	Apto	1,45	2,02	Apto	-	-	-	Apto
2018	65	1258	-	-	-	1,52	2,34	Apto	1,45	2,02	Apto	-	Apto	-	-
2018	65	1288	-	-	-	1,42	2,34	Apto	-	-	-	-	-	-	-
2018	65	1299	2,10	2,34	Apto	1,92	2,34	Apto	2,17	2,02	Apto	-	-	-	Apto
2018	65	1311	1,65	2,34	Apto	-	-	-	1,56	2,02	Apto	-	-	Apto	-

Tabela 3 - Índice genético dos genótipos aptos. BLUP do índice de seleção (I), erro da estimativa (Erro), aptidões e múltiplas aptidões, para produção de etanol, alimentação animal e consumo humano, em 1604 genótipos de batata-doce testadas em Lavras-MG, UFPA, 2019. (conclusão).

Código de genótipo			Produção de etanol (E)			Alimentação Animal (A)			Consumo Humano (C)			Múltiplas aptidões			
Ano	Progênie	Genótipo	I(E)	Erro	Status	I(A)	BLUP	Status	I(C)	Erro	Status	Animal e Etanol	Animal e Humana	Humana e Etanol	Tripla aptidão
2018	65	1319	1,69	2,34	Apto	2,18	2,34	Apto	-	-	-	Apto	-	-	-
2018	72	1436	-	-	-	1,43	2,34	Apto	-	-	-	-	-	-	-
2018	74	1538	-	-	-	1,46	2,34	Apto	1,59	2,02	Apto	-	Apto	-	-
2018	74	1554	-	-	-	-	-	-	1,49	2,02	Apto	-	-	-	-
2018	74	1562	1,77	2,34	Apto	1,52	2,34	Apto	1,59	2,02	Apto	-	-	-	Apto
2018	74	1565	1,72	2,34	Apto	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
2017	UFVJM-61	10001	1,96	1,44	Apto	1,58	1,44	Apto	-	-	-	Apto	-	-	-
2017	UFVJM-58	10002	2,88	1,45	Apto	3,46	1,45	Apto	3,77	1,24	Apto	-	-	-	Apto
Total		60			39			38			39	6	11	5	16

* I(E) – índice de aptidão para produção de etanol. I(A) – índice de aptidão para alimentação animal. I(C) – índice de aptidão para o consumo humano. Múltiplas aptidões de: Tripla – produção de etanol, alimentação animal e consumo humano.

Código dos genótipos: BD-2018-1-49; BD-2018-1-49; BD-2018-1-11; BD-2018-5-144; BD-2018-5-161; BD-2018-5-107; BD-2018-5-106; BD-2018-8-238; BD-2018-8-181; BD-2018-8-225; BD-2018-8-220; BD-2018-8-221; BD-2018-15-301; BD-2018-15-314; BD-2018-15-354; BD-2018-15-290; BD-2018-19-404; BD-2018-19-455; BD-2018-19-450; BD-2018-28-556; BD-2018-28-540; BD-2018-28-556; BD-2018-28-540; BD-2018-28-546; BD-2018-29-660; BD-2018-29-622; BD-2018-29-655; BD-2018-29-648; BD-2018-29-663; BD-2018-29-574; BD-2018-31-695; BD-2018-31-716; BD-2018-31-736; BD-2018-35-799; BD-2018-35-765; BD-2018-35-791; BD-2018-35-759; BD-2018-36-829; BD-2018-37-884; BD-2018-46-1011; BD-2018-46-1000; BD-2018-46-1008; BD-2018-46-992; BD-2018-46-1005; BD-2018-46-987; BD-2018-61-1164; BD-2018-65-1252; BD-2018-65-1311; BD-2018-65-1299; BD-2018-65-1234; BD-2018-65-1258; BD-2018-65-1210; BD-2018-65-1235; BD-2018-65-1231; BD-2018-65-1221; BD-2018-65-1319; BD-2018-65-1288; BD-2018-65-1238; BD-2018-72-1436; BD-2018-74-1538; BD-2018-74-1554; BD-2018-74-1562; BD-2018-74-1565; BD-UFVJM-2017-61-10001; BD-UFVJM-2017-58-10002.

Fonte: Do autor (2019).

Os genótipos de batata-doce, oriundos de sementes botânicas, apresentaram grande variação para as 13 características analisadas, como observado nos 771 genótipos avaliados o gradiente de produtividade de raízes totais variou de 125,78 Mg ha⁻¹ a 0,56 Mg ha⁻¹ e da massa verde da parte aérea entre 204,44 Mg ha⁻¹ e 1,11 Mg ha⁻¹, o que definiu a aptidão dos genótipos selecionados (TABELA 3). Na seleção à produção de etanol, foram indicados 37 genótipos meios-irmãos e as duas testemunhas (UFVJM 58 e UFVJM 61) (FIGURA 5 e TABELA 3). Para a alimentação animal, 36 e as duas testemunhas (FIGURA 6 e TABELA 3). Já para o consumo humano destacaram-se 38 genótipos, mais uma testemunha (UFVJM 58) (FIGURA 7 e TABELA 3). Dentro do grupo de genótipos selecionáveis houve ainda aqueles com múltiplas aptidões (TABELA 3).

A seleção destes 60 genótipos levou em consideração a chance de cada um apresentar os pesos mais favoráveis para cada aptidão proposta nos 13 caracteres avaliados. Sendo assim, o genótipo selecionado possui uma combinação na padronização linear ótima que atende aos pesos para a aptidão referida. Por isso, alguns genótipos não foram selecionados por possuírem características desfavoráveis que, quando somadas, o levaram à sua inaptidão, mesmo possuindo resultados favoráveis a alguma característica de alta importância.

Isto ocorre devido estas características interagirem em correlações negativas ou ausência de correlação (GONÇALVES NETO et al., 2012). Ou seja, uma característica pode influenciar negativamente a outra de interesse, levando a soma de fatores desfavoráveis, prejudicando sua seleção. Como exemplo, não há correlação entre a porcentagem de massa seca das raízes e densidade das raízes. Assim como não há correlações entre a produção total de raízes frescas e a massa verde da parte aérea, e ainda não há correlação entre a produção total de raízes frescas e a massa seca da parte aérea, assim como na porcentagem de massa seca das raízes (GONÇALVES NETO et al., 2012).

O fato de as testemunhas UFVJM 61 e UFVJM 58 terem sido repetidas 47 e 49 vezes respectivamente, houve uma precisão maior na mensuração de suas médias, permitindo a melhor determinação do efeito genético no índice, de forma mais confiável. Isso pode ter contribuído para que as mesmas apresentassem índices acima da média padronizada com maior confiança para seleção das três aptidões em nível de genótipo. Já os genótipos, por possuírem apenas uma repetição, demonstraram médias padronizadas com intervalos de predição maiores (FIGURAS 5, 6 e 7). Mesmo assim, foi possível identificar os genótipos mais promissores no BLUP pelo seu valor genético, dada variabilidade, número de indivíduos testados e grau de parentesco inserido na seleção.

Considerando os genótipos que apresentaram mais de uma aptidão (aptidão múltipla), foram selecionados 6 genótipos com aptidão para produção de etanol e alimentação animal, 11 para alimentação animal e consumo humano, 5 para consumo humano e produção de etanol, além de 16 com tripla aptidão (TABELA 3). Já em relação aos genótipos que apresentaram aptidão única, cinco foram indicados para a alimentação animal, sete para consumo humano e 12 à produção de etanol por ter pesos menos exigentes (TABELA 3). A seleção de genótipos com mais de uma aptidão atribuída é uma contribuição favorável aos produtores, pois estes genótipos apresentam diversas oportunidades de usos das raízes de reserva e da parte aérea, que proporciona a produção diversificada e sustentável, gerando maior chance de lucro à empresa rural.

Camargo et al. (2016), em seus estudos de seleção para diferentes aptidões, avaliando 40 acessos de batata-doce sem parentesco, identificaram 29 genótipos sem aptidão alguma e somente 11 selecionados, sendo destes, seis com múltiplas aptidões utilizando metodologia semelhante de índices de seleção. Já Gonçalves Neto et al. (2011) estudando 39 genótipos, selecionaram 18 genótipos, dentre eles, cinco com múltiplas aptidões, por meio de índice semelhante com dados somente de genótipos sem parentesco.

Andrade Júnior et al. (2018) estudando o potencial quantitativo e qualitativo para 39 acessos de batata-doce do banco de germoplasma da UFVJM e 9 cultivares comerciais sem uso de índices de seleção, encontraram 6 acessos do banco de germoplasma da UFVJM e 2 comerciais com potenciais aptidões semelhantes a este trabalho. Ressalta-se que, a maioria destes, apresentava parentesco com as matrizes utilizadas neste estudo, sendo mais uma vez comprovado sua potencialidade, pois quatro progênies oriundas da UFVJM (1, 14 18 e 58) foram selecionáveis em nível de progênie pelos BLUPs na seleção de matrizes para cada aptidão deste trabalho.

Em relação a produção de massa seca, dos 163 genótipos amostrados, os cinco com maior produção de raízes e selecionados para a produção de etanol, apresentaram massa seca de raízes de 34,66%. Este valor é superior ao observado em genótipos selecionados para a produção de etanol nos trabalhos de Gonçalves Neto et al. (2011), Andrade Júnior et al. (2018) e Camargo et al. (2016), os quais verificaram os valores médios de 31,50%, 31,10% e 29,80%, respectivamente.

Isso é de grande interesse para a produção de etanol, visto que há uma relação favorável entre massa seca de raízes e o teor de amido. Quanto maior a produção de massa seca, maior a tendência na produção de amido nas raízes, conseqüentemente, maior o rendimento em etanol

por tonelada de raiz processada (SILVEIRA, 2008). Ressalta-se que, de acordo com a cultivar, o amido também tem seu teor variável, sendo este o principal componente das raízes de reserva, conferindo qualidade e estabilidade dos produtos processados por meio do uso direto das raízes da batata-doce. O amido pode representar 50-80% da massa seca raízes (ZHOU et al., 2016).

Silveira (2008) e Castro (2015) afirmam ainda que para cada tonelada de raízes processada, estima-se a produção de 158 L de etanol. Já Schweinberger et al. (2016) apresentaram resultados semelhantes de 160,03 L de etanol para cada tonelada de batata-doce processada. A produtividade média de raízes dos cinco melhores genótipos selecionados para aptidão à produção de etanol, e mais produtivos que a melhor testemunha, variou entre 46,422 e 91,111 Mg ha⁻¹. Assim, é possível estimar uma produtividade média entre 7.334,60 e 14.395,54 L ha⁻¹ de etanol para estes melhores genótipos.

Segundo Gonçalves Neto et al. (2011) a cana-de-açúcar, com elevada produtividade (>100 Mg ha⁻¹ de colmos) e rendimento de 90 L de etanol por Mg de cana crua, atinge a produção de 9.000 L ha⁻¹ de etanol, porém, em um ciclo de 12 meses (BNDS, 2008). Levando-se em conta o ciclo da batata-doce (5 a 6 meses), verifica-se o alto potencial da cultura para a produção de etanol (14.669,20 L a 28.791,10 L ano⁻¹ em duas safras).

O potencial da batata-doce para produção de etanol é maior ainda quando são consideradas as duas finalidades do produto da fermentação, como bebida alcoólica e etanol biocombustível. Isto ocorre porque o amido das raízes é um polissacarídeo amiláceo e necessita de hidrólise para sua conversão em monossacarídeos fermentáveis (WEBER et al., 2018). Este processo de fermentação comum a amido de cereais é importante por passar pelo aquecimento a temperaturas elevadas de 90 °C para a hidrólise do amido, proporcionando a eliminação dos microrganismos selvagens da massa de fermentação (MACHADO et al., 2006). Uma das finalidades é o uso da parte nobre (80% do coração) do processo fermentativo de alta qualidade, podendo ser direcionada como bebida alcoólica fina com ausência de aldeídos e cetonas (PELLEGRINI, 2014; WEBER et al., 2018), e a outra parte direcionada como etanol biocombustível. Assim, a produção de etanol de batata-doce pode proporcionar aos produtores dupla finalidade de uso, aumentando a geração de renda. Além do mais, o mosto de levedura após a fermentação é fonte de energia e proteína, o qual desidratado em forma de ração, pode ser utilizado na alimentação animal (VIANA et al., 2017), ou mesmo como forma de adubação de lavouras.

Dentro dos 163 genótipos selecionados da amostragem realizada para massa seca de raízes e da parte aérea, os cinco mais produtivos da parte aérea, e selecionados também para a

alimentação animal, apresentaram teor de massa seca na parte aérea igual a 13,94 %. Ressalta-se que houve uma variação na massa seca observada de 12,5% a 15,77%. Estes percentuais são semelhantes aos encontrados por Gonçalves Neto et al. (2011) e Andrade Júnior et al. (2018), encontrando porcentagens de massa seca variando de 16,32% a 20,3%, respectivamente.

Estes genótipos mostram-se com alto potencial para utilização na alimentação animal. Em uma dieta balanceada, a parte aérea é fonte de proteína bruta, a qual compõe 11,59 % da massa seca da parte aérea (FIGUEIREDO et al., 2012). Além do fornecimento *in natura* da parte aérea, a inclusão em conjunto da presença de carboidratos em forma de amido presente nas raízes (SILVEIRA, 2008) também torna a cultura como uma alternativa promissora para a produção de feno e silagem (GONÇALVES NETO et al., 2011; ANDRADE JÚNIOR et al., 2018).

Os genótipos selecionados para a alimentação animal apresentam características favoráveis inovadoras. Dos 38 selecionáveis, os cinco melhores apresentaram produtividade de ramas acima de 100,00 Mg ha⁻¹, variando de 100,0 a 166,67 Mg ha⁻¹. Considerando a média de massa seca da parte aérea amostrada (13,94%), isso representa uma produtividade média de massa seca de 17,32 Mg ha⁻¹. Em relação ao teor de proteína bruta (PB) na massa seca, Figueiredo et al. (2012) afirmam que este valor equivale a aproximadamente 11,59% de PB. Isto indica que a parte aérea da batata-doce pode contribuir na dieta alimentar de animais como coproduto proteico e de baixo custo. Azevedo et al. (2015) e Pietrosemoli et al. (2016) afirmam que as ramas podem potencialmente serem utilizadas para alimentação de bovinos, enquanto que Ncobela et al. (2017) recomendam sua utilização para alimentação de suínos. Estes autores destacam ainda, o potencial de fenação, ensilagem ou *in natura* de coprodutos da batata-doce, visto o alto valor nutritivo da parte aérea e raízes para alimentação animal em níveis de inclusão (VIANA et al., 2011, 2017; ANDRADE JÚNIOR et al., 2012).

Este resultado de 17,32 Mg ha⁻¹ de massa seca da parte aérea, estimado com base nos cinco genótipos mais produtivos da parte aérea e selecionados para alimentação animal, é maior que o encontrado para massa seca total de forragem em seis gramíneas do gênero *Brachiaria* (*Brachiaria brizantha* cv. *Marandu*, cv. *Xaraés*, cv. *Piatã*, cv. *MG4*, cv. *Paiaguás* e *Brachiaria* híbrida *Convert HD 364*), cujo maior valor encontrado foi de 8,41 Mg ha⁻¹ (GOBBI et al., 2018), durante o mesmo período de estação seca.

Além disso, resultados semelhantes podem ser comparados à cultura do milho, que apresenta elevada produtividade de massa seca na silagem, com aproximadamente 20 a 25 Mg ha⁻¹ de massa seca por hectare (FERNANDES et al., 2016; NEUMANN et al., 2017), porém,

com elevado nível tecnológico em relação ao empregado na cultura da batata-doce. Além disso, ainda pode ser cultivada em dois ciclos no ano, e com menor custo de produção, ultrapassando a produtividade do milho em massa seca. Ao considerar a ensilagem de milho sem espigas, a produtividade de massa seca na silagem é de até $6,83 \text{ Mg ha}^{-1}$ (COSTA et al., 2000). Assim, a batata-doce tem potencial por apresentar maior produtividade de massa seca por ha ano^{-1} .

Ao comparar com 80 genótipos de capim-elefante (*Pennisetum purpureum Schum.*), que em três cortes durante as chuvas e dois na estação seca durante o período de um ano, chega a produzir em média $23,92 \text{ Mg ha}^{-1}$ de massa seca de colmos e folhas (SCHENEIDER et al., 2018), a batata-doce também mostra-se como superior. Além disso, o capim-elefante apresenta baixo teor proteico e necessita de maior investimento financeiro em adubações e tratos culturais quando comparados à batata-doce.

Mesmo o capim-elefante sendo muito utilizado como fonte de forragem tanto na forma de pastejo ou como na ensilagem, e alcançando altas produtividades de massa seca (SCHENEIDER et al., 2018), a batata-doce tem maior potencial, pois apresenta maior produtividade de massa verde da parte aérea. Isto se justifica, pois, o ponto máximo de acúmulo de massa seca nas raízes e na parte aérea está compreendido entre os primeiros 80 a 118 dias de ciclo da cultura (FERREIRA et al., 2019; VIANA et al., 2011). Desta forma, é possível cultivar a batata-doce em 3 ciclos no ano, visando a produção de parte aérea e raízes. Isso pode ser potencializado caso sejam utilizadas cultivares precoces, de porte ereto e uso de plantios mais adensados, como as encontradas neste estudo. Assim é possível, com a média de $17,32 \text{ Mg ha}^{-1}$ de massa seca por ciclo (TABELA 4) e em três ciclos no ano, serem produzidos $51,96 \text{ Mg ha}^{-1}$ de massa seca da parte aérea, valor maior que a soma alcançada do capim-elefante em cinco cortes anuais ($23,92 \text{ Mg ha}^{-1}$) e que a silagem de milho com espiga.

Levando em consideração o consumo médio diário de massa seca, de 2,25% do peso vivo por cabeça de um animal bovino adulto (500 kg), ou seja, 11,25 kg de massa seca (BRITO, 2017), os dados preliminares indicam que para cada hectare colhido de batata-doce, há um potencial para alimentar 17 bovinos adultos, durante um período de 90 dias. Pode-se ainda alimentar 47 bezerras (150 kg) no mesmo período, consumindo 2,7% de seu peso vivo em massa seca por animal. O período crítico de alimentação para bovinos ocorre na entressafra de forragem, geralmente durante a estação seca do ano. Mas como a colheita da batata-doce pode ocorrer o ano todo, a oferta da parte aérea pode contribuir como fonte de massa seca e proteína.

Tabela 4 - Produtividade de ramas em Mg ha⁻¹ (P. Ram), produtividade de raízes em Mg ha⁻¹ (P. Raiz), nota de agrupamento de raízes (Agr). Médias das Notas de: porte ereto (PE), formato de raízes (For), resistência a insetos de solo (RIS), padrão comercial (PC), cor da casca das raízes (CC), cor da polpa das raízes (CP) e intensidade da cor da polpa (Int). Progênie (Prog), genótipo (Gen). Dos 60 genótipos de batata-doce selecionados aptos para aptidões de produção de etanol, alimentação animal, e consumo humano avaliados entre 1604 genótipos avaliados em Lavras-MG, UFLA, 2018. (continua)

Código Genótipo			PE*	P. Ram (Mg ha ⁻¹)	Agr*	P. Raiz Mg ha ⁻¹	For*	RIS*	PC*	CC*	CP*	Int*
Ano	Prog	Gen										
2018	1	49	5.0	140.000	5	36.756	2	2	5	6	2	1
2018	1	11	3.0	46.667	5	33.333	3	2	2	6	2	1
2018	5	144	5.0	52.222	7	37.578	3	1	3	3	9	1
2018	5	161	5.6	31.111	7	33.933	2	2	4	3	2	1
2018	5	107	3.0	18.889	5	21.000	1	2	4	3	2	1
2018	5	106	3.0	34.444	5	14.889	3	1	5	3	2	0
2018	8	238	5.7	62.222	7	50.000	3	2	4	6	2	1
2018	8	181	5.7	62.778	5	41.356	2	2	5	6	1	3
2018	8	225	6.3	111.111	7	24.667	2	2	3	3	3	1
2018	8	220	5.0	50.000	5	22.600	3	2	4	6	1	1
2018	8	221	4.3	16.667	5	13.222	3	2	3	8	2	1
2018	15	301	4.3	26.667	5	46.422	3	3	3	6	2	2
2018	15	314	5.7	37.778	7	38.800	3	2	3	2	2	2
2018	15	354	3.0	26.667	3	32.044	4	3	3	3	2	1
2018	15	290	4.3	52.222	5	21.489	1	3	5	8	1	3
2018	19	404	6.3	47.778	5	51.356	3	2	3	6	1	1

Tabela 4 - Produtividade de ramas em Mg ha⁻¹ (P. Ram), produtividade de raízes em Mg ha⁻¹ (P. Raiz), nota de agrupamento de raízes (Agr). Médias das Notas de: porte ereto (PE), formato de raízes (For), resistência a insetos de solo (RIS), padrão comercial (PC), cor da casca das raízes (CC), cor da polpa das raízes (CP) e intensidade da cor da polpa (Int). Progênie (Prog), genótipo (Gen). Dos 60 genótipos de batata-doce selecionados aptos para aptidões de produção de etanol, alimentação animal, e consumo humano avaliados entre 1604 genótipos avaliados em Lavras-MG, UFLA, 2018. (continua)

Código Genótipo			PE*	P. Ram (Mg ha ⁻¹)	Agr*	P. Raiz Mg ha ⁻¹	For*	RIS*	PC*	CC*	CP*	Int*
Ano	Prog	Gen										
2018	19	455	5.0	56.667	7	39.067	3	2	3	8	9	1
2018	19	450	5.7	166.667	5	28.333	4	1	3	9	9	1
2018	28	556	5.0	88.889	9	91.111	1	2	5	3	2	1
2018	28	540	5.0	27.778	9	40.044	3	2	3	3	2	1
2018	28	546	3.0	17.778	5	13.156	2	2	4	8	2	2
2018	29	660	5.0	64.444	5	48.333	3	3	2	8	2	1
2018	29	622	4.3	38.889	3	40.222	4	3	3	3	2	1
2018	29	655	4.3	52.222	3	37.222	3	2	4	8	2	1
2018	29	648	5.0	38.889	9	21.800	4	2	3	6	3	1
2018	29	663	5.0	55.556	9	20.778	3	2	3	6	1	1
2018	29	574	4.3	3.889	5	10.711	2	2	4	6	1	2
2018	31	695	3.0	57.778	5	22.222	2	3	4	3	9	1
2018	31	716	5.0	33.333	5	19.756	2	1	5	8	2	2
2018	31	736	3.7	13.333	5	13.978	3	2	4	3	2	1
2018	35	799	5.0	56.667	9	34.667	3	3	3	3	2	1
2018	35	765	5.7	35.556	9	26.533	2	2	3	8	2	1
2018	35	791	5.0	103.333	9	21.333	2	1	3	6	7	2
2018	35	759	4.3	42.222	3	14.667	2	3	5	6	4	1
2018	36	829	6.3	100.000	5	24.889	2	2	3	3	2	2
2018	37	884	4.3	34.444	3	27.311	1	2	4	6	2	1

Tabela 4 - Produtividade de ramas em Mg ha⁻¹ (P. Ram), produtividade de raízes em Mg ha⁻¹ (P. Raiz), nota de agrupamento de raízes (Agr). Médias das Notas de: porte ereto (PE), formato de raízes (For), resistência a insetos de solo (RIS), padrão comercial (PC), cor da casca das raízes (CC), cor da polpa das raízes (CP) e intensidade da cor da polpa (Int). Progênie (Prog), genótipo (Gen). Dos 60 genótipos de batata-doce selecionados aptos para aptidões de produção de etanol, alimentação animal, e consumo humano avaliados entre 1604 genótipos avaliados em Lavras-MG, UFLA, 2018. (continua)

Código Genótipo			PE*	P. Ram (Mg ha ⁻¹)	Agr*	P. Raiz Mg ha ⁻¹	For*	RIS*	PC*	CC*	CP*	Int*
Ano	Prog	Gen										
2018	46	1011	4.3	24.444	7	40.911	1	1	5	6	1	3
2018	46	1000	7.0	22.222	3	34.311	2	2	4	3	2	1
2018	46	1008	5.0	50.000	9	32.933	3	2	3	8	2	2
2018	46	992	5.0	18.889	5	27.333	4	2	2	3	2	2
2018	46	1005	3.0	5.556	3	17.733	3	1	3	6	2	1
2018	46	987	3.0	16.667	3	11.578	1	2	5	3	2	2
2018	61	1164	5.7	12.222	5	27.778	4	2	3	2	2	3
2018	65	1252	5.0	77.778	3	48.689	1	1	5	9	2	1
2018	65	1311	5.0	31.111	5	39.911	4	2	2	3	2	1
2018	65	1299	5.7	46.667	3	32.422	4	2	2	3	2	1
2018	65	1234	3.0	32.222	3	31.111	3	2	3	3	2	2
2018	65	1258	5.0	45.556	5	25.667	1	2	5	3	2	1
2018	65	1210	5.0	35.556	3	24.578	1	3	5	3	1	3
2018	65	1235	3.7	12.222	3	21.667	1	1	5	9	2	1
2018	65	1231	4.3	28.889	3	21.467	2	2	5	3	2	1
2018	65	1221	3.7	11.111	5	19.600	2	3	4	3	1	3
2018	65	1319	9.0	37.778	7	19.556	5	2	2	8	2	1
2018	65	1288	6.3	36.667	5	19.378	2	1	3	8	1	3
2018	65	1238	7.7	22.222	7	18.778	2	2	3	3	2	1
2018	72	1436	5.0	34.444	5	22.022	2	2	5	6	9	2

Tabela 4 - Produtividade de ramas em Mg ha⁻¹ (P. Ram), produtividade de raízes em Mg ha⁻¹ (P. Raiz), nota de agrupamento de raízes (Agr). Médias das Notas de: porte ereto (PE), formato de raízes (For), resistência a insetos de solo (RIS), padrão comercial (PC), cor da casca das raízes (CC), cor da polpa das raízes (CP) e intensidade da cor da polpa (Int). Progênie (Prog), genótipo (Gen). Dos 60 genótipos de batata-doce selecionados aptos para aptidões de produção de etanol, alimentação animal, e consumo humano avaliados entre 1604 genótipos avaliados em Lavras-MG, UFLA, 2018. (conclusão)

Código Genótipo			PE*	P. Ram (Mg ha ⁻¹)	Agr*	P. Raiz Mg ha ⁻¹	For*	RIS*	PC*	CC*	CP*	Int*
Ano	Prog	Gen										
2018	74	1538	7.0	14.444	9	35.844	3	1	3	1	3	3
2018	74	1554	5.0	13.333	5	29.622	3	1	3	6	4	1
2018	74	1562	5.0	24.444	7	24.111	3	2	3	3	4	3
2018	74	1565	3.0	2.222	9	23.889	3	2	3	3	4	1
2017	UFVJM-61	10001	5.2	37,619	7	29,932	3	2	3	3	2	1
2017	UFVJM-58	10002	3,8	56,951	5	32,968	3	2	3	5	2	1

Produtividade de ramas em Mg ha⁻¹ (P. Ram), produtividade de raízes em Mg ha⁻¹ (P. Raiz),

* Médias das Notas de: porte ereto (**PE**) (proposto por Huamán (1999), com notas de, 3-Ereto (<75 cm); 5-Semi-compacto (75 - 150 cm); 7-Espalhado (151 - 250 cm); 9- Extremamente espalhando (> 250 cm)); nota de agrupamento de raízes (**Agr**) (proposto por Huamán (1999), com notas de, fechado (3), aberto (5), disperso (7) ou muito disperso (9)); formato de raízes (**For**) (proposto por AZEVEDO et al. (2002), sendo a nota 1= raiz com formato fusiforme, regular, sem veias ou qualquer tipo de rachaduras; 2= raiz com formato considerado bom, próximo de fusiforme, com algumas veias; 3= raiz com formato desuniforme, com veias e bastante irregular; 4= raízes muito grandes, com veias e rachaduras, indesejáveis comercialmente; e 5= raízes totalmente fora dos padrões comerciais, muito irregulares e deformadas, com muitas veias e rachaduras); resistência a insetos de solo (**RIS**) (proposto por Azevedo et al. (2014) com notas de, 1= livres de danos por insetos; 2= poucos danos; 3= danos que prejudicam o aspecto comercial; 4= danos que a tornam praticamente imprestável para comercialização; 5= danos que a tornam inaceitável para fins comerciais); padrão comercial (**PC**) (Nota desenvolvida pelos autores de, 1 – Pior padrão e totalmente fora de comercialização; 2 – Raízes muito grandes deformadas com muitos defeitos; 3 – Raízes com características que a prejudicam medianamente para a comercialização; 4 – Raízes com boas características para a comercialização, com poucos defeitos; 5 – Raízes com ótimo estado e características favoráveis a comercialização); cor da casca das raízes (**CC**) (proposto por Huamán (1999), com notas sendo, 1-branco, 2-creme, 3-amarelo, 4-laranja, 5-Laranja acastanhada, 6-rosa, 7-vermelho, 8-vermelho púrpura, 9-roxo escuro); cor da polpa das raízes (**CP**) (proposto por Huamán (1999), com notas de, 1-Branco, 2-Creme, 3-Creme escuro, 4-Amarelo pálido, 5-Amarelo escuro, 6-Laranja pálido, 7-Laranja intermédia, 8-Laranja escura, 9-Fortemente pigmentado com antocianinas (roxa)) e intensidade da cor da polpa (**Int**) (nota desenvolvida pelos autores de, 1 – pálida; 2 – Intermediária e 3 – Intensa).

Do autor (2019).

Além disso, esta produtividade média de massa seca na parte aérea ($17,32 \text{ Mg ha}^{-1}$), em ciclo de até seis meses, representa uma produtividade de proteína bruta na massa seca de $2.007,39 \text{ kg ha}^{-1}$ (considerando 11,59% de PB). Isto equivale a $4.181,22 \text{ kg}$ de farelo de soja, considerando 48% de proteína bruta no farelo de soja (GUIMARÃES et al., 2015). Conforme afirma Lovatelli (2014), do processamento de uma tonelada de soja cerca de 780 a 800 Kg de farelo de soja são produzidos. Portanto, para $4.181,22 \text{ kg ha}^{-1}$ de farelo de soja, são necessários o processamento de $5.292,69 \text{ kg}$ de soja crua ou equivalentes $88,21 \text{ sacas ha}^{-1}$.

Considerando que a produção de massa verde da parte aérea e o teor de massa seca podem variar para valores superiores, assume-se que estas estimativas de equivalência em soja podem ser muito superiores às destacadas aqui. Além disso, tecnologias de produção já discutidos anteriormente podem proporcionar seu cultivo em três ciclos ao ano e colhidas em média uma produtividade de $6,02 \text{ Mg ha}^{-1}$ de PB ao ano, como observado para os genótipos deste estudo (FERREIRA et al., 2019; VIANA et al., 2011).

A produtividade média de raízes dos 60 genótipos selecionados avaliados neste trabalho foi de $30,6 \text{ Mg ha}^{-1}$, e de massa verde da parte aérea foi de $45,41 \text{ Mg ha}^{-1}$. Já a produtividade média de raízes totais e massa verde da parte aérea, média das testemunhas (UFVJM 58 e UFVJM 61) foi de $31,42 \text{ Mg ha}^{-1}$ e $47,08 \text{ Mg ha}^{-1}$, respectivamente (TABELA 4). O desempenho aproximado dos genótipos em relação às testemunhas reforça o potencial destes genótipos selecionáveis, haja vista que as testemunhas já foram pré-selecionadas em um programa de melhoramento já avançado.

Ressalta-se, porém, que foram observados 21 genótipos, dentre os 60 selecionados, que apresentaram produtividades de raízes acima da média da melhor testemunha ($>32,97 \text{ Mg ha}^{-1}$), e que 10 destes 60 também apresentaram produtividade da parte aérea acima da média da melhor testemunha ($>59,95 \text{ Mg ha}^{-1}$). Isso demonstra a superioridade destes genótipos em valores absolutos comparados às testemunhas e o potencial dos mesmos para a seleção visando as diferentes aptidões (TABELA 4).

Foi observado ainda, que no desenvolvimento vegetativo pleno, 14 dos 60 genótipos demonstraram o caráter de porte ereto. Isso favorece o desenvolvimento de tecnologias de maiores adensamentos e ganhos em competição vegetativa por área e solo no crescimento inicial, em comparação às cultivares prostradas convencionais (ABIDIN et al., 2017). Além do mais, o porte ereto dos cultivares pode favorecer o controle de plantas invasoras por herbicidas dirigido na entrelinha, permitindo maior eficiência do produto, em cultivares tolerantes ou de

baixa sensibilidade, como observado em estudos positivos de interferência de plantas invasoras e baixa sensibilidade dos genótipos ao herbicida Clomazone^(R) em estudos de Santos et al. (2018b).

Em relação ao agrupamento de raízes, 14 dos 60 genótipos selecionados, durante a colheita apresentaram o agrupamento fechado. Este é um parâmetro que indica o grau de agrupamento das raízes junto ao colo da planta na leira, representando um caráter favorável ao cultivo tradicional. Raízes mais agrupadas apresentam facilidade de condução das leiras sem agredir as raízes, além de acelerar e facilitar a colheita mecânica e manual, aumentando a eficiência, qualidade e rendimento do processo de colheita da batata-doce (CIP, 2001).

Dos genótipos selecionados, 26 apresentaram agrupamento de raízes aberto, 10 dispersos e 10 muito dispersos. Esses genótipos de agrupamento disperso e muito disperso apresentaram maior dificuldade de arranque manual das raízes de reserva no solo e maiores perdas de rendimento por cortes que depreciam a raiz (TABELA 4). Porém, podem ser utilizados para outras finalidades como na indústria para produção de etanol e alimentação animal.

Dentre os genótipos selecionados, 11 apresentaram um ótimo formato de raízes, sendo classificados como ideais ao comércio de mesa por apresentarem formato fusiforme, exigido para comercialização de mesa (AZEVEDO et al., 2002) (TABELA 4). Ainda, 12 deles apresentaram-se livres de danos por insetos (TABELA 4). Este fator é de primordial importância para a qualidade das raízes no rendimento e beneficiamento pós-colheita, tempo de prateleira e na aceitação comercial (AZEVEDO et al., 2014).

Em 15 dos 60 genótipos selecionáveis, foi identificado um ótimo padrão comercial (TABELA 4). Estes genótipos não apresentaram refugos, defeitos ou raízes impróprias ao comércio, pois possuem rendimento máximo entre a colheita total e a comercial, com padrão uniforme entre as raízes para a mesa. Isso favorece a comercialização, proporcionando retorno econômico ao produtor, pela melhor aceitação do genótipo no mercado e por demonstrar maior rendimento de colheita. Respeitando os princípios de classificação do padrão CEAGESP (2014), da qualidade, pureza, uniformidade, ausência de defeitos, com classificação e categoria nobres.

Em se tratando de coloração de casca, o gradiente de importância foi descrito pela sequência de maior para a menor nota desejada sendo: 1-Branca; > 9-Roxa; > 2-creme; > 6-rosa; > 8-vermelho púrpura; > 7-Vermelho; > 3-amarela; > 4-laranja; > 5-Laranja acastanhada.

Foram identificados entre os genótipos selecionados, um que possui casca de coloração branca, dois cremes, 26 amarelos, 17 róseos, 11 vermelhos púrpura e três roxos escuro. As cores branca, roxa, creme, rosa e vermelho púrpura em ordem decrescente de importância, são normalmente as preferidas pelo mercado consumidor, e apresentadas como padrão de mercado pela CEAGESP (2014) em relação a coloração da casca (TABELA 4).

Sobre a coloração de polpa foi identificado dentre os genótipos selecionáveis que 10 possuem coloração de polpa branca, sendo que seis deles com coloração intensa (nota 3); 37 de coloração creme, sendo um deles intensa, úteis ao consumo tradicional de mesa; três creme escura, sendo um deles intensa, quatro amarelo pálido sendo um deles intenso, um alaranjado de intensidade intermediária e cinco fortemente pigmentado por antocianinas (roxo intenso), sendo as mais preferidas aquelas de coloração creme e branca para o comércio geral (Tabela 4). A nota de intensidade de cor de polpa indica que quanto mais próximo de 3 melhor para o consumo humano, e alimentação funcional.

As notas de cor de polpa das raízes tuberizadas próximas de 1,0 são consideradas desejáveis para o comércio em geral, cujo gradiente de importância é descrito pela sequência de maior para a menor nota desejada sendo: 2-Creme; > 3-Creme escuro; > 1-Branco; > 8-Laranja escura; > 7-Laranja intermédia; > 6-Laranja pálido; > 4-Amarelo pálido; > 5-Amarelo escuro; > 9-Fortemente pigmentado com antocianina (roxa). Já para tendências novas de mercado as notas próximas de 9 são consideradas desejáveis para mesa como alimento funcional, uma vez que são mais ricas em betacaroteno e antocianina, apresentando maior valor nutricional (GONÇALVES NETO et al., 2011), cujo gradiente de importância é descrito pela sequência de maior para a menor nota desejada sendo: 9-Fortemente pigmentado com antocianina (roxa); > 8-Laranja escura; > 7-Laranja intermédia; > 6-Laranja pálido; > 5-Amarelo escuro; > 4-Amarelo pálido; > 3-Creme escuro; 2-Creme: > 1-Branco.

Esta avaliação pode ser interpretada de duas formas. As notas próximas de 1,0 são próprias para coloração de polpa para o comércio tradicional de mesa (branca e creme). As notas próximas de nove e mais intensas, indicam coloração de polpa com compostos bioativos e funcionais como antioxidantes e pró-vitamina A (roxa, alaranjada e amarela). Desta forma, foram identificados genótipos promissores como alimentos funcionais, ou seja, aqueles que possuem coloração de polpa alaranjada, amarela e roxa, inclusive as que apresentam alta intensidade, como observado em sete genótipos selecionados (TABELA 4). Estes são fundamentais na alimentação humana dada sua composição nutricional como alimento

funcional, pela sua alta relação da coloração interna com os compostos bioativos funcionais (VIZOTTO et al., 2017; LAURIE et al., 2017; ZHANG et al., 2016), antioxidantes (VIZOTTO et al., 2017), além de fitonutrientes (SWEET POTATO, 2014).

A seleção destes genótipos promissores pode favorecer novos programas de melhoramento e testes agronômicos, com o intuito de selecionar genótipos cada vez mais específicos e adaptados à aptidão ideal, para propor a identificação de genótipos eficientes no que diz respeito ao lançamento de cultivares. A princípio, os novos programas de melhoramento poderão ser desenvolvidos com genótipos já testados e com conhecimento de suas aptidões de interesse já previamente estabelecidos, com o intuito de avanço na seleção para o objetivo de interesse do melhorista. Isso é possível maximizando e agrupando alelos favoráveis a tal objetivo a que se deseja estudar, visto que já estão caracterizados quanto a suas médias e aptidões agronômicas consolidadas neste estudo.

4 CONCLUSÕES

Foram selecionadas nove progênies para as diferentes aptidões.

Produção de etanol: 1, 14, 18, 19, 55, 68 e 72; alimentação animal: 1, 14, 18, 19, 55, 61, 68, UFVJM 58 e 72; consumo humano 1, 14, 18, 55, 68, UFVJM 58 e 72.

As progênies 1, 14, 18, 55, 68 e 72 apresentaram triplas aptidões; a progênie UFVJM 58 dupla aptidão (alimentação animal e consumo humano) a progênie 19 dupla aptidão (alimentação animal e produção de etanol) e a progênie 61 com aptidão única para alimentação animal.

Foram selecionados 37 genótipos mais duas testemunhas (UFVJM 61 e UFVJM 58) aptos para produção de etanol, 36 genótipos mais duas testemunhas (UFVJM 61 e UFVJM58) aptos para alimentação animal e 38 genótipos mais uma testemunha (UFVJM58) aptos para o consumo humano.

Os genótipos 556, 765, 1221, 1231, 1319 e a testemunha UFVJM 61 são considerados aptos para produção de etanol e alimentação animal.

Os genótipos 220, 301, 455, 736 e 1311 são considerados aptos para o consumo humano e produção de etanol.

Os genótipos 49, 181, 314, 660, 663, 716, 1000, 1164, 1238, 1258 e 1538 são considerados aptos para alimentação animal e consumo humano.

Os genótipos 161, 221, 225, 238, 450, 540, 655, 759, 791, 799, 1008, 1234, 1252, 1299, 1562, e a testemunha UFVJM 58, são considerados aptos para o consumo humano, alimentação animal e produção de etanol.

Os genótipos 290, 829, 1210, 1288 e 1436 apresentam aptidão única para alimentação animal.

Os genótipos 11, 107, 354, 546, 574, 695, 884, 987, 1005, 1011, 1235 e 1565 apresentam aptidão única para produção de etanol.

Os genótipos 106, 144, 404, 622, 648, 992 e 1554 apresentaram aptidão única para o consumo humano.

REFERÊNCIAS

- ABIDIN, P. E.; CAREY, E.; MALLUBHOTLA, S.; SONES, K. **Guia de cultivo da Sweet potato**. Nairobi, Quênia: Africa Soil Health Consortium, 2017. 62 p.
- BRITO, F. Ajuste na massa seca (MS) da dieta de bovinos de corte. **Agroceres**, 28 de junho de 2017. Disponível em: <<https://agroceresmultimix.com.br/blog/ajuste-materia-seca/?print=pdf>> Acesso em: 28 maio 2019.
- ANDRADE JÚNIOR, V. C.; ELSAYED, A.; AZEVEDO, A.; SANTOS, E.; FERREIRA, M. Potencial Quantitativo e Qualitativo de Genótipos Batata-doce. **Scientia Agraria**, v. 19, n. 1, p. 28-35, abr. 2018. Disponível em: <<https://revistas.ufpr.br/agraria/article/view/50158>>. Acesso em: 07 set. 2018.
- 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.
- AZEVEDO, S. M. de; MALUF, W. R.; SILVEIRA, M. A. da. FREITAS, J. A. de. Reação de clones de batata-doce aos insetos de solo. **Ciência e Agrotecnologia**, v. 26, p. 545-549, 2002.
- AZEVEDO, A. M.; ANDRADE JÚNIOR, V. C.; VIANA, D. J. S.; ELSAYED, A.; 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**, v. 32, p. 21-27, 2014.
- AZEVEDO, M. A. et al. Divergência genética e importância de caracteres em genótipos de batata-doce visando a produção de silagem. **Revista Brasileira de Ciências Agrárias**, Recife, v. 10, n. 3, p. 479-484, 2015. Disponível em: <<https://www.redalyc.org/pdf/1190/119041746023.pdf>>. Acesso em: 27 maio 2019.
- BERNARDO, R. **Breeding for quantitative traits in plant**. Woodbury: Stemma Press, 2002.
- BNDS. Banco Nacional do Desenvolvimento. **BIOETANOL de cana-de-açúcar: energia para o desenvolvimento sustentável**. Rio de Janeiro: BNDES, 2008. 316 p. Disponível em: <<http://www.bioetanoldecana.org/pt/download/bioetanol.pdf>>. Acesso em: 27 maio 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 Sci., Agron.** (Maringá, v. 32, n. 4, p. 643-649, Dec. 2010. Disponível em : <http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1807-86212010000400011&lng=en&nrm=iso>. Acesso em: 18 maio 2019.
- BUENO FILHO, J. S. S.; VENCOVSKY, R. Alternativas de análise de ensaios em látice no melhoramento vegetal. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v. 35, n. 2, p. 259-269, 2000.

BRASIL. Ministério da Agricultura e Reforma Agrária. Secretaria Nacional de Irrigação. Departamento Nacional de Meteorologia. **Normas climatológicas (19611990)**. Brasília, 1992. 84 p.

BOX, G.; COX, D. An Analysis of Transformations. **Journal of the Royal Statistical Society**, Series B (Methodological), v. 26, p. 211-252, 1964.

COSTA, A. F.; LEAL, N. R.; VENTURA, J. A.; GONÇALVES, L. S. A.; AMARAL JÚNIOR, A. T. do.; COSTA, H. Adaptability and stability of strawberry cultivars using mixed model. **Acta Scientiarum Agronomy**, Maringá, v. 37, n. 4, p. 435-440, 2015.

COSTA, C.; CRESTE, C.R.; ARRIGONI, M. D.; SILVEIRA, A. C.; DE MAGALHÃES, R. G. J.; BICUDO, S. J. Potencial para ensilagem, composição química e qualidade da silagem de milho com diferentes proporções de espigas. **Acta Scientiarum. Animal Sciences**, v. 22, p. 835-41, 2000.

CASTRO, L. A. S. **Etanol de batata-doce, uma realidade**. 19 nov. 2015. Disponível em: <<https://www.grupocultivar.com.br/noticias/artigo-etanol-de-batata-doce-uma-realidade>>. Acesso em: 23 jun. 2019.

CAMARGO, L. K. P.; RESENDE, J. T. V.; MÓGOR, A. F.; CAMARGO, C. K.; KURCHAIT, S. M. Uso de índice de seleção na identificação de genótipos de batata doce com diferentes aptidões. **Horticultura Brasileira**, v. 34, p. 514-519, 2016.

CEAGESP-2014. N-842. Normas de Classificação – Programa brasileiro para a modernização da horticultura. – V. 1, n. 1 (2003-), - São Paulo: PBMH, 2003-V.12., n.2, jul.\ dez. 2014. 08 p.: il.: 30 cm. ISSN 2237-6666. Disponível em: <http://www.ceagesp.gov.br/wp-content/uploads/2015/07/batata_doce.pdf> Acesso em: 22 de jun. 2019.

CIP. Centro Internacional De La Papa. **Sweet potato facts.**, Lima, 2001. Disponível em: <<http://www.cipotato.org/market/Sweetpfacts/swtifact.htm>>. Acesso em: 23 jun. 2019.

CIP. Centro Internacional De La Papa. **Plant breeding and farmer participation**. chapter 13, Selection methods Part 5: Breeding clonally propagated crops. Cross Ref View Record in Scopus. CIP, International Potato Center (Annual Report – Embracing the SDGs in, 2015 : CIP, International Potato Center (Annual Report – Embracing the SDGs in 2015), CIP, 2009.

CFSEMG. Comissão de Fertilidade do Solo do Estado de Minas Gerais. **Recomendações para o uso de corretivos e fertilizantes em Minas Gerais: 5a Aproximação**. In: RIBEIRO, A. C.; GUIMARÃES, P. T. G.; ALVAREZ, V. H. V. (Eds.). Viçosa, MG, 1999. 359 p.

DANTAS, A. A. A.; CARVALHO, L. G. de; FERREIRA, E. Classificação e tendência climática em Lavras, MG. **Ciência e Agrotecnologia**, Lavras, MG, v. 31, n. 6, p. 1862-1866, nov./dez. 2007.

FAOSTAT. Food and Agriculture Organization of the United Nations Statistics Division: **Sweet Potatoes**. Disponível em: <<http://www.fao.org/faostat/en/#data/QC/visualize>>. Acesso em: 17 abr. 2018.

- FEDERER, W. T. Augmented (or hoonuiaku) designs. **Hawaiian Planters' Record**, v. 55, p. 191-208, 1956.
- FERNANDES, G. F.; EVANGELISTA, A. F.; BORGES, L. S. Potencial de espécies forrageiras para produção de silagem: revisão de literatura. **Nutritime**, v. 13, n. 3, 2016.
- FERREIRA, M. A. M.; ANDRADE JÚNIOR, V. C.; OLIVEIRA, A. J. M.; FERREIRA, E. A.; BRITO, O. G.; SILVA, L. R. 2019. Physiological characterization of plant growth in sweet potato. **Horticultura Brasileira**, v. 37, p. 112-118. Disponível em: <<http://dx.doi.org/10.1590/S0102-053620190118>> . Acesso em: 17 abr. 2018.
- 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**, v. 30, n. 4, p. 708-712, 2012.
- FOLQUER, F. **La batata (camote)**. Estudio de la planta y su producción comercial. Buenos Aires: Editorial Hemisférico Sur AS, 1978. 145 p.
- GOBBI, K.; LUGÃO, S.; BETT, V.; ABRAHÃO, J.; TACAIAMA, A. Massa de forragem e características morfológicas de gramíneas do gênero *Brachiaria* na região do Arenito Caiuá/PR. **Boletim de Indústria Animal**, v. 75, 12 jul. 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**, v. 46, n. 1, 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**, v. 30, p. 713-719, 2012.
- GUIMARÃES, T. P.; PERON H. J. M. C.; SILVA D. B.; MOREIRA K. K. G.; NEVES NETO J. T.; SILVA B. M. N.; SANTOS F. C. Exigências Proteicas para bovinos de corte. **Multi-Science Journal**, [S.l.], v. 1, n. 1, p. 90-99, mar. 2015. Disponível em: <<https://www.ifgoiano.edu.br/periodicos/index.php/multiscience/article/view/43/31>>. Acesso em: 22 maio 2019.
- 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. p. 1-11.
- KING, J. R.; BAMFORD, R. The chromosome number in *Ipomea* and related genera. **Journal of Heredit**, n. 28, p. 279-282, 1937.

LAURIE, S. M.; FABER, M.; CLAASEN, N. Incorporating orange-fleshed sweet potato into the food system as a strategy for improved nutrition: The context of South Africa. **Food Res Inter.**, v. 104, p. 77-85, 2017.

LOVATELLI, C. Impactos positivos do aumento da mistura. In: **Agroanalysis, Agroenergia, Biodiesel**, julho de 2014. p. 30-31. Disponível em: <<http://bibliotecadigital.fgv.br/ojs/index.php/agroanalysis/article/viewFile/41128/39884>> Acesso em: 22 maio 2019.

MACHADO, C. M. M.; ABREU, F. R. Produção de álcool combustível a partir de carboidratos. **Revista de Política Agrícola**, ano XV, n. 3, jul./ago./set. 2006.

MELLO, A. F. S. **A importância socioeconômica da batata-doce para a agricultura brasileira**. EMBRAPA: Notícias, 01 jul. 2015. Disponível em: <<https://www.embrapa.br/busca-de-noticias/-/noticia/7893745/aimportanciasocioeconomica-da-batata-doce-para-a-agricultura-brasileira>>. Acesso em: 18 jul. 2019.

NCOBELA, C. N.; KANENGONI, A. T.; HLATINI, V. A.; THOMAS, R. S.; CHIMONYO, M. A review of the utility of potato by-products as a feed resource for smallholder pig production. **Animal Feed Science and Technology**, v. 227, p. 107-117, 2017.

NEUMANN, M.; LEÃO, G. F.; COELHO, M. G.; FIGUEIRA, D. N.; SPADA, C. A.; PERUSSOLO, L. F. Aspectos produtivos, nutricionais e bioeconômicos de híbridos de milho para produção de silagem. **Archivos de zootecnia**, v. 66, n. 253, p. 51-7, 15 jan. 2017 .

PELLEGRINI, C. **The shochu handbook: an introduction to japan's indigenous distilled drink**. Telemachus Press, LLC, 2014.

PIETROSEMOLI, S.; MORON-FUENMAYOR, O. E.; PAEZ, A.; VILLAMIDE, M. J. Effect of including sweet potato (*Ipomoea batatas Lam*) meal in finishing pig diets on growth performance, carcass traits and pork quality **Animal Science Journal**, v. 87, n. 10, p. 1281-1290, 2016.

PIMENTA, S.; MENEZES, D.; NEDER, D. G.; MELO, R. A.; ARAUJO, A. L. R.; MARANHÃO, E. A. A. Adaptability and stability of pepper hybrids under conventional and organic production systems. **Horticultura Brasileira**, Brasília, v. 34, n. 2, p. 168 -174, 2016.

R CORE TEAM. **R: A language and environment for statistical computing**. R Foundation for Statistical Computing, Vienna, Austria, 2018.

ROSSEL, G.; ESPINOZA, C.; JAVIER, M.; TAY, D. Diretrizes de regeneração: batata-doce. In: DULLOO, M.E. ; THORMANN, I. ; JORGE, M. A.; HANSON, J. (Editors). **Crop specific regeneration**. guidelines [CD-ROM]. CGIAR System-wide Genetic Resource Programme (SGRP), Rome, Italy. 2008. 9 p.

SANTOS, A. A. **Efeito da remoção das ramas de batata-doce sobre sua produtividade e qualidade**. 2018. 60 p. Dissertação. (Mestrado) - Universidade Federal Vale do Jequitinhonha e Muquiri, Diamantina, MG, 2018a.

SANTOS, E. A. dos; ANDRADE JÚNIOR, V. C. de; VIANA, D. J. S.; SANTOS, A. A. dos; SILVA, A. J. M. da; FIALHO, C. M. T. Sensitivity of sweet potato genotypes to clomazone and weed interference. **Rev. Caatinga**, Mossoró, v. 31, n. 2, p. 352-359, June 2018b. Disponível em: <http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1983-21252018000200352&lng=en&nrm=iso>. Acesso em : 22 jun. 2019.

SCHWEINBERGER, C. M.; PUTTI, T. R.; SUSIN, G. B.; TRIERWEILER, J. O.; TRIERWEILER, L. F. Ethanol production from sweet potato: The effect of ripening, comparison of two heating methods, and cost analysis. **The Canadian Journal of Chemical Engineering**, 2016. Disponível em: <<https://onlinelibrary.wiley.com/doi/full/10.1002/cjce.22441>>. Acesso em: 23 jun. 2019.

SCHENEIDER, L. S.; DAHER, R. F.; MENEZES, B. R.; FREITAS, R. S.; SOUSA, L. B. Selection of elephant grass genotypes for forage production. **Journal of Agricultural Science**, v. 10, n. 12, p. 42-52, 2018.

SILVA, G. O.; CARVALHO, A. D. F.; VIEIRA, J. V.; BENIN, G. Verificação da adaptabilidade e estabilidade de populações de cenoura pelos métodos AMMI, GGE biplot e REML/BLUP. **Bragantia**, Campinas, v. 70, n. 3, p. 494-501, 2011.

SILVEIRA, M. A. Batata-doce: uma nova alternativa para a produção de etanol. In: **Instituto Euvaldo Lodi**. Álcool combustível. Brasília: IEL, 2008. p. 109-122.

SWEET POTATO. **In-depth nutrient profile**. Disponível em : <<http://www.whfoods.com/genpage.php?name=nutrientprofile&dbid=128>>. Acesso em: 08 set. 2018.

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**, v. 23, n. 1, p. 59-74, 2016.

VIANA, D. J. S.; PINTO, N. A. V. D.; DIAS, K. P. F.; NELSON, D. L.; PANTOJA, L. A.; PINTO, N. A. V. D.; ANDRADE JÚNIOR, V. C.; SANTOS, A. S. Evaluation of productivity of sweet potato genotypes for first and second generation bioethanol production. **African Journal of Biotechnology**, v. 16, n. 49, p. 2289-2298, 6 dec. 2017.

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**, v. 41, n. 8, p. 1466-1471, 2011.

VIEIRA, A. D.; MIRANDA, V. C.; ALVES, A. F.; TAVARES, A.T.; MOMENTÉ, V.G. Agronomic evaluation of clones of sweet potato with potential for ethanol production. **Brazilian Journal of Applied Technology for Agricultural Science**, v. 8, n. 1, p. 69-74, 2015.

VIZZOTTO, M.; PEREIRA, E. S.; VINHOLES, J. R.; MUNHOZ, P. C.; FERRI, N. M. L.; CASTRO, L. A. S.; Krolow, A. C. R. Physicochemical and antioxidant capacity analysis of colored sweet potato genotypes: in natura and thermally processed. **Ciência Rural**, v. 47, n. 4, p. 1-8, 2017.

ZHOU, Y. X.; CHEN, Y. X.; TAO, X.; CHENG, X. J.; WANG, H. Y. Isolation and characterization of cDNAs and genomic DNAs encoding ADP-glucose pyrophosphorylase large and small subunits from sweet potato. **Mol. Genet. Genomics.**, v. 291, p. 609–620, 2016.

ZHANG, X.; YANG, Y.; ZUFANG, W.; PEIFANG, W. The Modulatory Effect of Anthocyanins from Purple Sweet Potato on Human Intestinal Microbiota in Vitro. **J. Agric. Food Chem.**, v. 64, p. 12, p 2582–2590, 2016.

WEBER, C. T.; CASAGRANDE, T.; TRIERWEILER, L. F.; CANDIDO, G.; TRIERWEILER, J. O. **Avaliação econômica de destilado de batata-doce produzido por rota alternativa**. São Paulo: Blucher, 2018. p. 2511-2514. Disponível em: <<https://www.proceedings.blucher.com.br/article-details/avaliacao-economica-de-destilado-de-batata-doce-produzido-por-rota-alternativa-29030>> Acesso em: 23 jun. 2019.