

**Universidade de São Paulo
Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz”**

Viabilidade de aplicação da seleção precoce em batata-doce [*Ipomoea batatas* (L.) Lam.] e avaliação de caracteres relacionados à produção

Glaucia Bethânia Rocha Moreira

Tese apresentada para obtenção do título de Doutora em Ciências. Área de concentração: Genética e Melhoramento de Plantas

**Piracicaba
2016**

Glaucia Bethânia Rocha Moreira
Engenheira Agrônoma

**Viabilidade de aplicação da seleção precoce em batata-doce [*Ipomoea batatas* (L.)
Lam.] e avaliação de caracteres relacionados à produção**
versão revisada de acordo com a resolução CoPGr 6018 de 2011

Orientador:
Prof. Dr. **GIANCARLO CONDE XAVIER OLIVEIRA**

Tese apresentada para obtenção do título de Doutora em
Ciências. Área de concentração: Genética e
Melhoramento de Plantas

**Piracicaba
2016**

**Dados Internacionais de Catalogação na Publicação
DIVISÃO DE BIBLIOTECA - DIBD/ESALQ/USP**

Moreira, Glaucia Bethânia Rocha

Viabilidade de aplicação da seleção precoce em batata-doce [*Ipomoea batatas* (L.) Lam.] e avaliação de caracteres relacionados à produção / Glaucia Bethânia Rocha Moreira. - - versão revisada de acordo com a resolução CoPGr 6018 de 2011. - - Piracicaba, 2016.
85 p. : il.

Tese (Doutorado) - - Escola Superior de Agricultura "Luiz de Queiroz".

1. Melhoramento genético
2. Métodos multivariados
3. Banco de germoplasma
4. Seleção I. Título

CDD 633.492
M838v

"Permitida a cópia total ou parcial deste documento, desde que citada a fonte – O autor"

A Deus,

AGRADEÇO

Aos meus pais Moacir e Márcia

Ao meu irmão Glauber

Ao meu noivo Marcos

Pelo apoio e incentivo,

DEDICO

AGRADECIMENTOS

A Deus, pelo dom da vida e por sempre me guiar pelos caminhos do bem.

À minha família, pelo apoio e incentivo.

Ao meu noivo Marcos, pela compreensão, companheirismo, paciência, e por sempre me ajudar desde o início dos experimentos para que tudo se realizasse da melhor forma possível.

Ao meu orientador, Prof. Dr. Giancarlo Conde Xavier Oliveira, pelos ensinamentos, conselhos e confiança, que mesmo sem me conhecer se mostrou disponível para me orientar.

Ao meu grande amigo Hendrie, pessoa que tive a alegria de conhecer e conviver, pela sua generosidade e companheirismo.

À Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz”, em especial aos professores e funcionários do Departamento de Genética: Berdan, Fernandinho, Cláudio Segatelli, Carlos, Aparecido, Ronaldo, Fran, Dinho, João Pires, Mineiro, Miguel (*in memoriam*), Zé, Marcão, Carmo e Pipo.

Ao Conselho Nacional de Pesquisa (CNPq), pela concessão da bolsa de estudo.

Ao Prof.^o Dr. Roberto Friestche-Neto pelas sugestões e pela imensa ajuda na elaboração dos trabalhos.

À professora Regina Lucia pela amizade e incentivo.

Ao Fernando Piotto, pela disposição em sempre ajudar quando precisei.

Aos agricultores familiares, comunidades indígenas e quilombolas dos Vales do Ribeira e do Paraíba, SP, pela disponibilização das ramas de batata-doce para a montagem do banco de germoplasma.

Ao José Carlos e Antônio Marchiori (CATI-Ubatuba) e Edson Sassamoto (Cananéia) pelo auxílio nas coletas.

Aos colegas do Laboratório de Alógamas Ítalo e Felipe pela ajuda nas análises estatísticas.

Aos amigos do Laboratório de Evolução, Hendrie, Vívian, Débora, Léo, Jayça, Josi e Valéria, pela agradável convivência.

Aos amigos Diane, Flávia, Jucelene, Melina, Mônica, Nancy, Ribamar, Felipe, João, Éllida, Iradênia e Massaine, da Pós-Graduação em Genética e Melhoramento de Plantas.

Aos amigos da “salinha do café” Sueme, Gabriel, Alessandro, Mari, Taís, Tati e Adriana.

Às amigas da Casinha, Rafa, Samara, Kathy e Flávia pelos almoços e momentos de descontração.

Aos amigos do IFC Maicon, Vanessa, Rejane, Sol, Amanda, Rudi, Marcos, Tati, Carmen, Dila, João e Ediane pela compreensão e apoio.

À técnica de laboratório de amidos e féculas (LAN/ESALQ), Carlota Borralli, pelo auxílio nas análises de amido.

SUMÁRIO

| | |
|---|----|
| RESUMO | 9 |
| ABSTRACT | 11 |
| 1 INTRODUÇÃO..... | 13 |
| 1.1 Importância da batata-doce (<i>Ipomoea batatas</i>) | 13 |
| 1.2 Origem e evolução da batata-doce..... | 15 |
| 1.3 Aspectos botânicos | 17 |
| 1.4 Melhoramento genético da batata-doce..... | 18 |
| 1.5 Seleção precoce | 20 |
| 1.6 Análises GGE Biplot | 22 |
| 1.7 Objetivos..... | 24 |
| Referências | 25 |
| 2 SELEÇÃO PRECOCE EM BATATA-DOCE [<i>Ipomoea batatas</i> (L.) Lam.] POR MEIO DE TÉCNICAS GGE BILOT | 33 |
| Resumo | 33 |
| Abstract..... | 33 |
| 2.1 Introdução..... | 34 |
| 2.2. Material e métodos | 35 |
| 2.2.1 Coleta e conservação do material vegetal..... | 35 |
| 2.2.2 Experimento em casa de vegetação | 36 |
| 2.2.3 Análises estatísticas | 40 |
| 2.3 Resultados e discussão | 42 |
| 2.3.1 Análise de <i>deviance</i> | 42 |
| 2.3.2 Análises GGE Biplot | 45 |
| 2.3.2.1 Análises GGE Biplot para as diferentes épocas | 45 |
| 2.3.2.2 Correlações entre características | 48 |
| 2.3.2.3 Biplot quem-venceu-onde..... | 52 |
| 2.4 Considerações finais | 53 |
| Referências | 54 |
| 3 AVALIAÇÃO DOS CARACTERES RELACIONADOS À PRODUÇÃO E ESTIMATIVA DO TEOR DE AMIDO EM BATATA-DOCE [<i>Ipomoea batatas</i> (L.) Lam.]..... | 57 |
| Resumo | 57 |
| Abstract..... | 57 |

| | |
|--|----|
| 3.1 Introdução | 58 |
| 3.2 Material e métodos..... | 59 |
| 3.2.1 Extração do amido | 61 |
| 3.2.2 Análises estatísticas | 63 |
| 3.3 Resultados e discussão..... | 64 |
| 3.3.1 Análises dos caracteres produtivos | 64 |
| 3.4 Considerações finais | 72 |
| Referências | 75 |
| ANEXOS | 81 |

RESUMO

Viabilidade de aplicação da seleção precoce em batata-doce [*Ipomoea batatas* (L.) Lam.] e avaliação de caracteres relacionados à produção

A cultura da batata-doce assume papel importante no cenário agrícola nacional por ser considerada uma espécie altamente versátil, que consegue suprir as necessidades nutricionais da população, além de atualmente ser foco da cadeia de produção do etanol, pelo seu elevado teor de amido. Apesar da importância dessa cultura, ela é pouco estudada e, no que se refere ao melhoramento genético dessa espécie, os estudos são ainda mais escassos. Essa falta de informações acerca dos genótipos mais adaptados às condições de determinada região é um dos principais problemas enfrentados pelos produtores de batata-doce que não conseguem atingir o máximo de produtividade, pois as variedades utilizadas não conseguem expressar o seu potencial. Visando a aceleração dos programas de melhoramento, surge como alternativa a realização da seleção precoce, podendo-se realizar o descarte de materiais com características desfavoráveis nas primeiras gerações clonais. Para auxiliar na seleção precoce, a utilização de técnicas multivariadas como a análise GGE Biplot é de fundamental importância para se atingir sucesso na seleção. Dessa forma, os objetivos do presente trabalho foram (a) avaliar a eficiência da seleção precoce em batata-doce, bem como identificar possíveis correlações entre características morfológicas, para auxiliar na seleção de genótipos superiores; (b) identificar genótipos produtivos e que apresentem características de raiz favoráveis para o mercado e com elevado teor de amido para serem utilizados em futuros programas de melhoramento. Os experimentos foram realizados em casa de vegetação, onde foram avaliados em três épocas distintas, além de uma vez a campo para a mensuração dos caracteres relacionados à produção e ao teor de amido. Pelos resultados observados, nota-se que a utilização da técnica de seleção precoce em batata-doce pode não ser eficiente pelo comportamento que os genótipos assumiram no decorrer das avaliações, já que a correlação entre épocas foi muito baixa ou até mesmo inexistente, o que dificulta a seleção em etapas iniciais do programa. Porém, com relação às correlações entre as características em uma mesma época, nota-se que várias delas apresentaram correlações positivas, levando à interpretação de que se selecionarmos para uma determinada característica, automaticamente selecionaremos para outra correlacionada a esta. Os resultados para os caracteres produtivos indicam que existem genótipos que apresentam elevado potencial produtivo, superior à média nacional e também apresentam características desejáveis na forma e tamanho das raízes tuberosas. Além dessas características, algumas contêm elevado teor de amido, o que é altamente desejável para a indústria de biocombustíveis. Pode-se concluir que a técnica de seleção precoce não é recomendável para a cultura, mas existem características altamente correlacionadas em uma época específica. Existem genótipos que podem ser utilizados em programas de melhoramento, tanto pelo seu elevado potencial produtivo e características de raiz desejáveis quanto pela concentração de amido.

Palavras-chave: Melhoramento genético; Métodos multivariados; Banco de germoplasma; Seleção

ABSTRACT

Viability of application of early selection in sweet potato [*Ipomoea batatas* (L.) Lam.] and evaluation of traits related to production

The culture of sweet potato plays an important role in the national agricultural scenario because it is considered a highly versatile species that can meet the nutritional needs of the population, in addition to currently being the focus of the ethanol supply chain, for their high starch content. Despite the importance of this crop, it is little studied and, in relation to the genetic improvement of this species, studies are still more scarce. This lack of information about the genotypes most adapted to the conditions of a given region is one of the main problems faced by sweet potato producers who fail to achieve maximum productivity, as the varieties used can not express their potential. Aiming at the acceleration of plant breeding programs, the alternative of performing early selection arises, and the disposal of materials with unfavorable characteristics can be carried out in the first clonal generations. And to assist in the early selection, using multivariate techniques such as GGE Biplot analysis is crucial to achieving success. Thus, the objectives of this study were (a) to evaluate the efficiency of early selection in sweet potatoes, as well as to identify possible correlations between morphological characteristics, in order to assist in the selection of superior genotypes; (b) to identifying productive genotypes that exhibit favorable root characteristics for the market and with high starch content for use in future breeding programs. The experiments were conducted both in greenhouse and in field conditions, where the traits related to production and starch content were assessed at three different times and one time, respectively. The results indicate that the use of the early selection technique in sweet potatoes may not be efficient, on the basis of the behavior shown by the genotypes in the assessments, since the correlation between assessment times was very low or even non-existent, making it difficult for selection to be applied in the initial stages of the program. However, regarding the correlations between the characteristics in the same assessment instance, it can be noted that several of them had positive correlations, implying that, if a particular feature is selected for, that automatically selects for others correlated to this. The results for the productive characters indicate that there are genotypes that have high yield potential, higher than the national average and that also have desirable characteristics regarding the shape and size of the tuberous roots. In addition to these features, some accessions have high starch content, which is highly desirable for the biofuel industry. It can be concluded that the early selection technique is not recommended for this crop, but there are nonetheless highly correlated characters at particular times. There are genotypes that can be utilized in breeding programs, both for their high yield potential associated to desirable root characteristics and for the concentration of starch.

Keywords: Plant breeding; Multivariate methods; Germplasm bank, Selection

1 INTRODUÇÃO

1.1 Importância da batata-doce (*Ipomoea batatas* (L.) Lam.)

A cultura da batata-doce assume importância econômico-social de destaque, pois participa da dieta humana como fonte de calorias, vitaminas e minerais. É a quarta hortaliça mais consumida no Brasil, e apresenta alto rendimento por unidade de área cultivada. O plantio de batata-doce no Brasil ocupa uma área de cerca de 50 mil hectares, com volume de produção de aproximadamente 500 mil toneladas por ano (IBGE, 2013). Esta hortaliça ocupa o sétimo lugar nas estatísticas agrícolas mundiais, logo depois da mandioca. Ela pode produzir mais energia por hectare por dia do que o trigo, arroz ou mandioca. Tem diversos usos que vão desde o consumo de raízes frescas ou folhas para transformação em alimentação animal, amido, farinha, macarrão, corantes naturais, doces e álcool (LEBOT, 2009).

Ela é cultivada em 111 países, sendo que a maior parte da produção está localizada na Ásia, destacando-se a China como o maior produtor mundial com aproximadamente 120 milhões de toneladas (FAO, 2013). No Brasil, a região Sul é a maior produtora, responsável por 235,8 mil toneladas, seguida pela região Nordeste (184,6 mil t) e Sudeste, com 107,1 mil t. Dentre os estados de maior produção destacam-se o Rio Grande do Sul, com uma produção de 160,2 mil t, Minas Gerais com 46,6 mil t, Paraná (45.102 t), Paraíba (44,6 mil t) e São Paulo (44,1 mil t). A produção anual brasileira é de 544,8 mil toneladas com uma área plantada de 43,8 mil hectares (IBGE, 2013). A batata-doce é bastante disseminada em todas as regiões brasileiras, possuindo considerável relevância econômica e sendo uma hortaliça de ampla aceitação popular, cultivada na maioria das vezes por pequenos produtores rurais em sistemas agrícolas com reduzida utilização de insumos (SOUZA, 2000).

As raízes da batata-doce são boa fonte de energia (açúcares e outros carboidratos), cálcio, ferro e outros minerais e vitaminas. Alguns cultivares são ricos em vitamina A, particularmente os de polpa alaranjada, que é rica em carotenoides, um tipo de pigmento amarelo-alaranjado presente também em vários alimentos, como a cenoura e a abóbora. Alguns desses carotenoides são convertidos pelo nosso organismo em vitamina A, cuja deficiência prolongada pode produzir alterações na pele e causar lesões na córnea que podem levar à cegueira, principalmente em crianças (ESTEVES, 2007).

É uma matéria-prima muito versátil e o elevado número de cultivares com características diferentes aumenta a potencialidade de uso industrial (SILVA; LOPES e MAGALHÃES, 2004). As indústrias brasileiras utilizam as batatas de polpa amarela, creme ou salmão no preparo do doce “marrom glacê”. O ideal seria utilizar cultivares de polpa

alaranjada, pois evitaria a adição de corantes artificiais. Como matéria prima industrial, as raízes da batata-doce são utilizadas para a extração de amido, que é empregado na indústria de tecidos, papel, colas, etc... (CARDOSO et al., 2005). Segundo Becker (2001), acessos de batata-doce com maior teor de amido e menor teor de mono e dissacarídeos têm sido desenvolvidos de modo a permitir a produção de *chips* e batatas fritas em substituição à batata-inglesa.

Atualmente, a farinha de batata-doce está sendo bastante utilizada e a sua composição centesimal é semelhante à da mandioca, de uso bastante difundido no país (Tabela 1). O processo de produção da farinha é simples e de baixo custo, o que pode ser útil para a agricultura familiar. Apresenta potencial para a indústria de panificação e de macarrão, podendo substituir em até 65% a farinha de trigo em receitas tradicionais (GREENE, 2003). No Peru, a farinha de batata-doce é misturada à de trigo para o preparo do chamado pão-de-batata-doce (“pan-camote”) (CARDOSO et al., 2005).

Tabela 1- Composição centesimal e valor energético da batata-doce (raiz cozida), mandioca (raiz cozida) e batata (tubérculo cozido)

| Composição | Batata-doce branca (cozida) | Mandioca (cozida) | Batata (cozida) |
|----------------------|--------------------------------|----------------------|--------------------|
| Calorias (em 100g) | 125,10 | 119,00 | 85,30 |
| Glicídios (g/100g) | 27,90 | 28,90 | 19,10 |
| Proteínas (g/100g) | 1,80 | 0,60 | 2,00 |
| Lipídios (g/100g) | 0,70 | 0,20 | 0,10 |
| Cálcio (mg/100g) | 30,00 | 28,00 | 11,00 |
| Fósforo (mg/100g) | 49,00 | 37,00 | 56,00 |
| Ferro (mg/100g) | 0,70 | 0,90 | 0,70 |
| Glicídios (g/100cal) | 22,30 | 24,29 | 22,39 |
| Proteínas (g/100cal) | 1,44 | 0,50 | 2,34 |
| Lipídios (g/100cal) | 0,56 | 0,17 | 0,12 |
| Cálcio (mg/100cal) | 23,98 | 23,53 | 12,90 |
| Fósforo (mg/100cal) | 39,17 | 31,09 | 65,65 |
| Ferro (mg/100cal) | 0,56 | 0,76 | 0,82 |

Fonte: Tabela brasileira de composição de alimentos / NEPA – UNICAMP (2011)

A batata-doce também é utilizada na alimentação de bovinos, suínos, aves e outros animais domésticos, devido a suas raízes conterem elevada concentração de energia (NDT –

nutrientes digestíveis totais). As ramas, por possuírem alta porcentagem de proteína bruta e digestibilidade, podem ser usadas, principalmente, na alimentação de gado leiteiro, tanto na forma fresca como na de silagem (MONTEIRO, 2007). Segundo Dapeng (2004) houve um aumento no uso de raízes de batata-doce na alimentação de suínos e em sistemas de produção de gado na China, durante os últimos 30 anos. Anualmente, um total de 30 a 50 milhões de toneladas ou mais de batata-doce é usado na alimentação animal, tanto na alimentação de monogástricos como de animais ruminantes. Pode ser utilizada integralmente para essa finalidade; no entanto, na maioria dos países onde essa prática é comum, aproveitam-se as raízes com padrão comercial para a alimentação humana e as raízes deformadas, bem como as ramas, para a alimentação animal (CHARCHAR; RITSCHER, 2004).

A utilização da batata-doce para produção de etanol destaca-se como alternativa para usinas e agricultores nas épocas posteriores ao plantio da cana de açúcar (PAVLAK; ABREU-LIMA; CARREIRO, 2011). Os combustíveis renováveis, produzidos a partir da biomassa, entre eles o etanol, podem ganhar um papel muito importante ecológica e economicamente, já que são reconhecidos como combustíveis limpos e podem ser produzidos a partir de fontes renováveis. O etanol é o mais comum dos álcoois, caracterizando-se por ser um composto orgânico obtido através da fermentação de substâncias amiláceas ou açucaradas. A produção de etanol como combustível ganhou força no Brasil na década de 1970 por meio do Programa Nacional do Alcool – Pró-Alcool (SANTANA et al., 2013). Porém, a produção de etanol a partir de amiláceos não é muito difundida nem conhecida no Brasil (LIMA et al., 2001), apesar de ser uma técnica amplamente adotada na Europa, Estados Unidos e países asiáticos. De acordo com Souza et al (2005), essa tecnologia tem sido objeto de estudos em países detentores de alta tecnologia, como Alemanha, Bélgica, Dinamarca, Estados Unidos, Canadá e China.

1.2 Origem e evolução da batata-doce

A batata-doce, *Ipomoea batatas* (L.) Lam. é uma espécie autoexaploide ($2n = 6x = 90$), embora haja hipóteses que aceitem também uma origem aloexaploide. Pertence à família Convolvulaceae, que compreende espécies herbáceas e lenhosas, bem distribuídas por todas as latitudes temperadas e tropicais em uma ampla gama de *habitat*. *Ipomoea* é um gênero amplo, composto de aproximadamente 400 espécies, dividido em vários subgêneros e seções (HEYWOOD, 1985).

A batata-doce originou-se no continente americano. Com base no número de espécies e na análise de sua variação morfológica, o centro geográfico de origem de *I. batatas* e de

seus parentes selvagens foi identificado entre a península de Yucatán no México e o rio Orinoco na Venezuela (AUSTIN, 1977; 1987). Relatos de seu uso remontam a mais de dez mil anos com base em análise de batatas secas encontradas em cavernas localizadas no vale de Chilca Canyon, no Peru, e em evidências contidas em escritos arqueológicos encontrados na região ocupada pelos Maias, na América Central (WOOLFE, 1992). Raízes de batata-doce também foram escavadas de um sítio arqueológico localizado no Vale de Casma, na costa do Peru, datados entre 1785 e 1120 a.C (UGENT; POZORSKI; POZORSKI, 1981). Uma análise de seus grânulos de amido revelou que eles foram significativamente menores em tamanho, em comparação com os cultivares modernos (PERRY, 2002).

Austin (1987) sugeriu que o antepassado selvagem de batata-doce originou-se da hibridação natural entre *Ipomoea trifida* e *I. triloba*. A autoploidia e a ocorrência de gametas não-reduzidos em *I. trifida* também podem estar envolvidas na origem da batata-doce, permitindo a interconexão natural entre as espécies de diferentes níveis de ploidia (SHIOTANI, 1987). McDonald e Austin (1990) acreditam que verdadeiras populações selvagens de *I. batatas* existem e que, ao contrário do que escapou de cultivo, elas têm cápsulas deiscentes com quatro sementes e talos que não possuem raízes adventícias na maioria dos nós. Populações de *I. batatas* var. *apiculata* foram descritas no estado de Veracruz, no México. Esta variedade botânica se distingue de *I. batatas* por apresentar cápsulas indeiscentes. As cápsulas tinham flutuado na água durante vários dias sem abertura e afundamento. Aparentemente, as suas sementes ainda são viáveis, depois de estar em água salgada por uma semana.

Marcadores moleculares (RFLPs, RAPD e microssatélites) têm sido usados para identificar afinidades entre espécies relacionadas e confirmaram a relação de *I. batatas* com *I. trifida* (JARRET; GAWEL; WHITTEMORE, 1992; JARRET; AUSTIN, 1994; BUTELER; JARRET; LA BONTE, 1999). A análise de restrição do DNA do cloroplasto também indica que *I. trifida* é provavelmente um dos ancestrais de *I. batatas* (HUANG; SUN, 2000). Mais recentemente, as técnicas de citogenética molecular, tais como fluorescência de hibridação *in situ* (FISH) vêm sendo utilizadas. Entre as várias espécies diploides estudadas, *I. trifida* parece ser a mais relacionada a *I. batatas*. A organização dos cromossomos mostra que a hexaploide *I. batatas* é mais estreitamente relacionada com *I. trifida* do que *I. tabascana* (SRISUWAN; SIHACHAKR; SILJAK-YAKOVLEV, 2006). Roulier et al. (2013) sugerem, a partir de dados moleculares, que o complexo *I. batatas* pode ter sido domesticado em distintas áreas geográficas (talvez na periferia das áreas de seus ancestrais diploides); um local teria sido a América do Sul e o outro, a região do Caribe, levantando a hipótese de que dois grupos

independentes de agricultores começaram a cultivar essas populações poliploides selvagens de *I. batatas*. Seguindo este cenário, estes dois *pools* gênicos teriam tido um contato secundário que ocasionou uma mistura populacional, identificada através de marcadores moleculares, tanto no cloroplasto, quanto no núcleo.

1.3 Aspectos botânicos

A batata-doce é uma dicotiledônea pertencente à família Convolvulaceae, que agrupa aproximadamente 50 gêneros e mais de 1000 espécies, porém, somente a batata-doce, dentre elas, tem expressão econômica (LEBOT, 2009). A planta possui caule herbáceo de coloração verde ou arroxeada e hábito prostrado, chegando cada ramo a alcançar 3 a 5 m de comprimento. Apresenta dois tipos de raízes: a de reserva ou tuberosa, que constitui a principal parte de interesse comercial, e a raiz absorvente, responsável pela absorção de água e nutrientes do solo. As raízes absorventes se formam a partir do meristema cambial, nos nós e entrenós, e são abundantes e altamente ramificadas. As raízes tuberosas se formam desde o início do desenvolvimento da planta, originando-se dos nós, e são de maior espessura, com pouca presença de raízes secundárias (SILVA; LOPES; MAGALHÃES, 2004).

As raízes tuberosas são revestidas por duas camadas: uma pele fina formada por poucas camadas de células, e uma camada de aproximadamente dois mm, denominada de casca; a parte central é denominada de polpa ou carne. Tanto a pele quanto a casca e a polpa podem apresentar coloração variável de roxo, salmão, amarelo, rosa, creme ou branco. O formato varia e pode ser redondo, oblongo, fusiforme ou alongado. As raízes podem conter veias e dobras e possuir pele lisa ou rugosa. Além de serem influenciados por componentes genéticos, o formato e a presença de dobras têm bastante plasticidade fenotípica e são afetados pela estrutura do solo e pela presença de torrões, pedras e camadas compactadas do solo, sendo que as raízes que apresentam essas características são rejeitadas pelos consumidores (SILVA; LOPES; MAGALHÃES, 2004).

As folhas podem ser cordiformes, lanceoladas e recortadas, com pecíolos bastante desenvolvidos. As flores são hermafroditas, com corola gamopétala, apresentando cinco pétalas unidas em forma de funil (infundibuliformes), apresentando cores variando do branco a diversas tonalidades de roxo, segundo o cultivar, porém, são autoestéreis (EDMOND; AMMERMAN, 1971). O cálice é formado por cinco sépalas, duas exteriores e três inferiores oblongas, persistentes, glabras ou pubescentes, de cor verde-clara a verde-escura, às vezes com manchas avermelhadas (Jones, 1980). O androceu possui cinco estames desiguais, com os filamentos aderidos na base da corola e situados em volta do pistilo. As anteras são

usualmente brancas, amarelas ou ligeiramente púrpura, com deiscência longitudinal, e altura (posição) variável em relação ao estigma, em função do comprimento do filamento (filete). O estigma é bilobado, geralmente branco a violáceo. O pistilo contém um ovário súpero com dois lóculos. O fruto é uma cápsula arredondada, seca, bilocular com diâmetro variável de 3 a 7 milímetros, glabro ou pubescente, com o apículo (terminal) deiscente. Os frutos imaturos são característicos de cada cultivar, apresentando cor variável, desde o verde-claro até a púrpura escura, e quando secos são de cor marrom-claro a escura. Cada fruto pode conter até quatro sementes (JONES; DUKES, 1976).

A principal forma de propagação é via assexuada, sendo este processo usado para plantios comerciais. Para a propagação da batata-doce é recomendada a utilização de ramas-mente que devem ser retiradas das partes mais novas do caule, até cerca de 60 cm da extremidade, pois enraízam mais rápido e também por serem menos contaminadas por pragas e patógenos que habitam o solo. Durante o crescimento da planta, são identificadas três fases fisiológicas; na primeira, predomina o desenvolvimento da parte aérea, embora aí sejam formadas as raízes absorventes e as aptas à tuberização; na segunda, ocorrem os crescimentos radicial (tuberização) e vegetativo, e na terceira prevalece a tuberização. As alterações no crescimento das plantas são descritas com base em caracteres fisiológicos como massa seca das plantas (raízes, caules, folhas) e área foliar (QUEIROGA et. al., 2007).

Possui hábito de crescimento indeterminado, ciclo perene e tuberização contínua, ocorrendo a morte natural da planta somente com a ocorrência de fatores climáticos muito severos, como geada e seca muito prolongada (SILVA; LOPES; MAGALHÃES, 2002). Um aspecto importante em relação ao comportamento agrônômico desta cultura é a rusticidade e a tolerância ao ataque de pragas (SILVA; LOPES; MAGALHÃES, 2004).

1.4. Melhoramento genético da batata-doce

A batata-doce é uma espécie majoritariamente de propagação vegetativa, mas a propagação sexual foi mantida, sendo considerada uma planta alógama. A alogamia deve-se à presença de mecanismos que favorecem a autoincompatibilidade. A autoincompatibilidade representa a estratégia de evitação de autogamia mais difundida entre as plantas, o que permite ao pistilo de uma flor “reconhecer e rejeitar” o autopólen ou o pólen de indivíduos geneticamente relacionados, evitando endogamia e promovendo polinização cruzada (McCUBBIN; KAO, 2000).

Uma característica que dificulta os trabalhos de melhoramento da cultura é a deficiência na floração e, às vezes, sua total falta. Existem diferenças genéticas na incidência

da floração, bem como forte influência ambiental. A resposta sazonal de alguns cultivares observados nas regiões temperadas pode ser perdida nas diferentes regiões tropicais. Existe uma grande variação na resposta ao fotoperíodo. Numa mesma localidade, alguns cultivares florescem quase o ano todo, e outros nunca florescem (FABRI, 2008). Um estudo realizado com etnovarietades coletadas no Vale do Ribeira – SP, identificou ampla variação no florescimento dessas plantas (de Janeiro a Setembro de 2004), sendo que 13,2% das etnovarietades não floresceram (VEASEY et al., 2007).

A cultura apresenta grande variabilidade fenotípica e genotípica, que pode ser atribuída ao seu elevado nível de ploidia. Adicionalmente, o fato de a planta produzir sementes por fertilização cruzada favorece a recombinação alélica em condições naturais (RITSCHER et al., 1999). No território brasileiro pode-se observar grande diversidade genética em batata-doce, originária da segregação e de introduções de plantas provenientes de outras localidades (OLIVEIRA et al., 2000). Essa diversidade pode ser encontrada principalmente nas comunidades ribeirinhas, indígenas e quilombolas, em que as populações cultivam as variedades tradicionais há bastante tempo e em instituições de pesquisa que mantêm os bancos de germoplasma, sendo estas as principais fontes de variabilidade para o melhoramento da batata-doce no Brasil (MARIANTE; SAMPAIO; INGLIS, 2008).

Os principais objetivos dos programas de melhoramento nacionais em andamento tem sido principalmente o aumento da produtividade, aumento no teor de amido e resistência a pragas do solo (*Diabrotica*), Potyvirus e nematoides (SILVEIRA et al., 2007). A Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária (Embrapa) mantém 357 acessos já caracterizados para resistência aos nematoides das galhas (*Meloidogyne* spp.) e alguns acessos resistentes a *Diabrotica* e ao patógeno *Plenodomus destruens*, que causa a doença conhecida como mal do pé (PEREIRA; CARVALHO; PINHEIRO, 2013). No ano de 2007 foram lançadas 10 cultivares de batata-doce adaptadas às condições do estado do Tocantins, com produtividade variando de 28 a 65 t.ha⁻¹. Em relação às produtividades alcançadas na década de 70, esses resultados indicam aumento de produtividade entre 154 a 400% (SILVEIRA, 2008).

Em 2010 a Embrapa Clima Temperado e Embrapa Hortaliças em parceria com a Empresa de Pesquisa Agropecuária e Extensão Rural de Santa Catarina (Epagri) lançaram quatro cultivares de batata-doce (Beauregard, BRS Amélia, BRS Cuia e BRS Rubissol). Elas se caracterizam por apresentarem produtividade acima da média nacional. Estudos realizados no município de Canoinhas – SC indicaram que a produtividade das variedades BRS Amélia, BRS Cuia e BRS Rubissol é superior a 32 t.ha⁻¹, quatro vezes mais que a média brasileira. A Beauregard apresenta 10 vezes mais carotenoides (pró-vitamina A) do que os cultivares

presentes atualmente no mercado. O cultivar BRS Amélia também é rico em pró-vitamina A. A BRS Rubissol apresenta excelentes características para consumo de mesa, podendo também ser utilizada no processamento industrial, sua produtividade média podendo chegar a 40 t.ha⁻¹. Por fim, a BRS Cuia também possui excelentes qualidades tanto para consumo de mesa quanto para processamento industrial e sua produtividade pode chegar a 60 t.ha⁻¹.

Outra característica importante da batata-doce é a sua capacidade de rendimento em etanol, e várias pesquisas têm se desenvolvido nos últimos anos (MOMENTÉ et al., 2004). Isso se deve ao fato de a batata-doce ser um alimento altamente energético, sendo que, após a colheita, *in natura*, apresenta cerca de 30% de matéria seca, que contém em média 85% de carboidratos, cujo componente principal é o amido (CHARCHAR; RITSCHER, 2004). Durante o tempo de estocagem, parte do amido se converte em açúcares solúveis atingindo de 13 a 29 % de amido e de 5 a 8 % de açúcares totais redutores, fato que torna a batata-doce bastante interessante, visto que os açúcares são fermentados para a produção de etanol (MIRANDA et al., 1995). Com a finalidade de produzir etanol, o amido presente na batata-doce deve ser convertido primeiramente em açúcar, para então ser fermentado por leveduras, resultando como produto final o biocombustível. O primeiro processo é chamado de hidrólise ou sacarificação (COSTA; ABREU-LIMA; CARREIRO, 2011).

Os estudos para avaliar as potencialidades da batata-doce para esse uso se iniciaram na década de 70; porém, na ocasião, a cultura foi excluída por seu baixo rendimento agrícola (SILVEIRA, 2008). Atualmente, alguns programas de melhoramento estão selecionando clones com potencial para produção de etanol. Segundo Momenté (2004), a batata-doce tem revelado índices de produtividade em rendimento etílico por hectare duas vezes maior que o da cana de açúcar (*Saccharum officinarum*), além de vantagens econômicas para os pequenos produtores.

A Universidade Federal do Tocantins (UFT) realiza diversos estudos com clones de batata-doce com esse potencial e demonstram rendimentos entre 120 e 199 litros de etanol por tonelada de raiz (SILVEIRA, 2008). Santana et al. (2013) avaliando a produtividade e o rendimento em etanol carburante por massa e área plantada indicaram alguns genótipos, dentre eles o cultivar Duda, com potencial para utilização em indústrias de processamento de batata-doce, e com produtividade média de etanol por hectare variando de 6.000 a 10.000 L.ha⁻¹.

Porém, ainda existem poucas informações acerca dos genótipos mais adaptados às condições dos produtores de determinada região, pois as pesquisas são incipientes. Este é um dos principais problemas enfrentados pelos produtores de batata-doce que não conseguem

atingir o máximo de produtividade, pois as variedades utilizadas não conseguem expressar o seu potencial (DAROS; AMARAL JÚNIOR; FREITAS JÚNIOR, 2000).

1.5 Seleção precoce

A seleção precoce foi idealizada e aplicada inicialmente para atender às necessidades dos melhoristas florestais. Como exemplo, podemos citar espécies de *Eucalyptus* que apresentam ciclos que podem demorar vários anos. Segundo Pereira et al. (1997), a duração de uma geração de melhoramento é de aproximadamente dez anos no Brasil, enquanto que em regiões de clima temperado é em torno de 25 a 30 anos. Dessa forma, com a utilização da seleção precoce, há uma maximização dos ganhos, com a diminuição do tempo necessário para realizar o ciclo de seleção (PEREIRA et al., 1997; GONÇALVES et al., 1998). Por esse motivo, os melhoristas de espécies florestais têm procurado identificar características nas plantas ainda em estágio jovem, que estejam relacionadas com aquelas de interesse econômico na fase de maturação (GONÇALVES et al., 1998).

Assim, os caracteres identificados em idades anteriores àquelas em que a característica de interesse aparece são utilizados como preditores daqueles estudados em estádios mais avançados de desenvolvimento (FARIAS NETO; CASTRO; BIANCHETTI, 2003). Vários trabalhos têm sido conduzidos com eucalipto (REZENDE; BERTOLUCCI; RAMALHO, 1994; TOLFO, 2003; CHAVES et al., 2004; BELTRAME et al., 2012; PAVAN et al., 2014), *Dipteryx alata* Vog. (SANTOS; ROSADO; OLIVEIRA, 2014), *Anacardium occidentale* (CAVALCANTI; RESENDE, 2010) e esta técnica tem se revelado bastante eficiente.

Em café (*Coffea arabica*) Chaves et al. (2004) estudaram a correlação entre o teor de cafeína no primeiro par de folhas de mudas e em sementes. Os resultados indicaram que há correlação alta e positiva (0,95), o que permite a seleção precoce de genótipos em viveiros, ainda na fase de muda. Freitas et al. (2007), baseando-se apenas na capacidade fotossintética, verificaram que a seleção para o caráter comprimento dos ramos plagiotrópicos aos 12 meses de idade pode ser utilizada como critério para seleção de clones superiores. Teixeira et al., (2012) avaliando caracteres morfológicos para produção de grãos em café arábica, observaram que as maiores correlações foram observadas entre a produção de grãos e as variáveis “comprimento do primeiro ramo plagiotrópico”, “vigor vegetativo”, “largura do quarto par de folhas” e “número de nós do primeiro ramo plagiotrópico”. Dessa forma, plantas que apresentam maior vigor aos 12 meses de idade e o primeiro ramo plagiotrópico longo e com grande número de nós, tendem a ser mais produtivas. Assim, os caracteres

comprimento do primeiro ramo plagiotrópico e vigor vegetativo aos 12 meses de idade se mostraram eficientes na seleção precoce para produção de grãos em café arábica.

A seleção precoce tem sido aplicada em culturas anuais como o feijão (ROSAL et al., 2000), batata (RIGÃO et al., 2009) e milho (CAIXETA et al., 2015). Na cultura do feijão, Rosal et al. (2000) demonstraram que a seleção precoce foi eficiente para o caráter produção de grãos, destacando sua importância principalmente para a eliminação de famílias que apresentavam menor desempenho, reduzindo o trabalho dos melhoristas. Esses autores concluíram também que a seleção precoce é altamente afetada pela interação genótipos x ambientes. Trabalhos realizados por Padi e Ehlers (2008) na cultura do feijão caupi (*Vigna unguiculata*) apontaram que a seleção precoce não foi eficiente para produtividade, sendo eficaz apenas para caracteres de alta herdabilidade. Em contrapartida, Aremu (2011), obteve resultados positivos, indicando que a seleção precoce é eficiente para componentes de produção e produtividade em feijão caupi.

Trabalhos realizados na cultura da batata (*Solanum tuberosum*) indicaram que para alguns caracteres relacionados à aparência dos tubérculos, a seleção precoce tem se mostrado eficiente (LOVE; WERNER; PAVEK, 1997; SILVA et al., 2008). Segundo Silva e Pereira (2011), a baixa eficiência da seleção precoce para algumas características em batata pode ser causada pela falta de expressão de alguns aspectos indesejáveis nas plântulas em casa de vegetação e posteriormente à sua expressão no campo. Provavelmente, isso pode ser causado pelo tamanho reduzido dos recipientes utilizados no cultivo, que limita a expressão de algumas características (VERÍSSIMO et al., 2012). De acordo com Silva e Pereira (2011), algumas instituições têm revertido o problema utilizando recipientes maiores.

Na expressão de diversos caracteres de batata, a influência da interação genótipos x ambientes, tem sido descrita em diversos trabalhos. As características relacionadas à produção e qualidade são fortemente influenciadas pelo ambiente. Os caracteres como teor de açúcares redutores e coloração de *chips*, são influenciados tanto pelo ambiente de cultivo quanto por fatores relacionados à fisiologia pós-colheita, o que dificulta o processo de obtenção de materiais que possuam boas características agrônômicas e de qualidade industrial (PEREIRA, 2003; SIMON; PINTO; BENITES, 2009; HAYNES et al., 2012).

Caixeta et al. (2015), avaliando a seleção precoce indireta para eficiência do uso do nitrogênio em milho, observaram que uma baixa disponibilidade de nitrogênio afeta a atividade da enzima glutamina sintetase no estágio V9, o que tem efeito direto na eficiência de captação do nitrogênio no estágio R6 e, conseqüentemente, na eficiência do uso de

nitrogênio. Por isso, plantas que apresentem alta atividade dessa enzima no início do ciclo irão apresentar valores elevados de eficiência de captação do nitrogênio no final do ciclo.

1.6 Análises GGE Biplot

Uma das estratégias para se aumentarem as chances de sucesso em um programa de melhoramento, bem como possibilitar redução de tempo, custo e esforços dispendidos é a utilização das correlações entre caracteres. O conhecimento dessas correlações é importante porque através dele pode-se selecionar o melhor método de melhoramento a ser utilizado quando se formulam estratégias de seleção simultânea para as várias características estudadas, predizendo a alteração da média de uma característica quando se seleciona outra (GONÇALVES et al., 2008). Se dois caracteres apresentam correlação genética significativa, é possível obter ganhos para um deles por meio da seleção indireta. Em alguns casos, a seleção indireta, com base na resposta correlacionada, pode levar a progressos mais rápidos do que a seleção direta do caráter desejado (CRUZ; REGAZZI, 1997).

Existem várias metodologias para determinar correlações como a correlação canônica; coeficiente de correlação de Pearson; coeficiente de correlação parcial; regressão simples; regressão múltipla; análise de trilha. Cada uma possui seus pressupostos para utilização, devendo ser considerado o tipo de associação entre os caracteres que se deseja medir ou relacionar (RIGÃO et al., 2009). Outra metodologia que também se caracteriza pela capacidade de determinação das correlações existentes entre características e tem sido bastante utilizada ultimamente é a análise GGE Biplot.

A metodologia GGE Biplot foi proposta inicialmente para avaliar a interação genótipo x ambiente, consistindo em dois conceitos: biplot (GABRIEL, 1971) e GGE (genótipo + interação genótipo x ambiente). Na avaliação de cultivares, o efeito principal G e o efeito GE são relevantes (GAUCH; ZOBEL, 1996) e daí surge o termo “GGE” (YAN et al., 2000). Ela se caracteriza por ser uma técnica multivariada em que o gráfico de GGE Biplot é construído plotando os dois primeiros componentes principais de um PCA (YAN; HUNT, 2001).

A análise de componentes principais (PCA) tem como objetivo principal explicar a estrutura de variância e covariância de um vetor aleatório, composto de “ p ” variáveis aleatórias, através da construção de combinações lineares das variáveis originais (MINGOTI, 2005). Estas combinações lineares são chamadas de componentes principais e não são correlacionadas. A ideia é reduzir a complexidade da variação e interpretar as combinações lineares construídas, ou seja, a informação contida nas “ p ” variáveis originais é substituída pela informação contida em k ($k < p$) componentes principais não correlacionados.

Basicamente, a análise visa à captura de padrões presentes na estrutura dos dados, que possam contribuir para a melhor explicação da resposta diferencial dos genótipos quando cultivados em diversos ambientes, contribuindo assim na identificação de genótipos superiores para recomendação e de locais que melhor representem ambientes específicos ou mega-ambientes (YAN; RAJCAN, 2002). Segundo Frutos, Galindo e Leiva (2013), essa metodologia tem sido cada vez mais utilizada na análise de dados de diversas disciplinas nas áreas de ciências agrárias, ecologia, ciência ambiental, genética e até em geociências, pois nessas áreas o conjunto de dados geralmente é grande e com complexas interações.

Essa ferramenta estatística é poderosa para estudar as relações entre os caracteres, avaliando amplamente os genótipos com base em múltiplas características e podendo identificar aqueles que são superiores em certas características. Esses podem ser fortes candidatos a serem utilizados como os parentais em programas de melhoramento (LEE et al., 2003; OKOYE et al., 2007; YAN e FRÉGEAU-REID, 2008). De acordo com Oladejo; Akinwale e Obisesan (2011) essa metodologia também fornece informações sobre a utilização dos cultivares objetivando a produtividade, bem como auxilia na detecção de caracteres menos importantes, ou redundantes, identificando aqueles apropriados para a seleção indireta.

GGE Biplot tem sido usado, em várias espécies, para verificação das interrelações entre caracteres e identificação de genótipos superiores para algumas características em particular. Várias características relacionadas à produção foram avaliadas, por exemplo, em dendezeiro, visando à adaptabilidade e estabilidade de genótipos utilizados em programas de melhoramento (OKOYE et al., 2007). Em milho, Dolatabad et al. (2010) avaliaram as inter-relações entre dois grupos de características: 1: morfológicas e 2: componentes de produtividade, e comprovaram que essa ferramenta é eficiente para identificar essas correlações, permitindo a comparação visual entre os genótipos com base em múltiplas características.

2. Objetivos

Esta tese teve como objetivos: 1) avaliar a viabilidade da seleção precoce em batata-doce; 2) verificar a possibilidade de seleção indireta com a identificação de correlações entre características morfológicas; 3) caracterizar os genótipos quanto aos seus aspectos de produtividade e teor de amido.

A seleção precoce é uma técnica que possibilita redução de tempo e suporte financeiro para realização do melhoramento genético. Ela já foi utilizada com êxito em algumas espécies vegetais possibilitando a avaliação e seleção de genótipos superiores, acelerando a obtenção

dos resultados. Por essa razão, foram realizados experimentos para investigar a sua eficácia baseando-se na avaliação de 80 genótipos de batata-doce em três épocas distintas.

Outra observação importante quando se deseja selecionar genótipos superiores é a existência de correlações entre características. Isso permite a realização da seleção indireta, por meio da qual, ao se selecionar para um determinado caráter, outro que esteja correlacionado a ele seja selecionado também. Dessa forma, foram realizadas avaliações de 12 características morfológicas em batata-doce, visando à identificação de possíveis correlações entre elas.

Por fim, é de extrema importância o conhecimento de todos os materiais disponíveis para utilização no melhoramento. A devida caracterização dos genótipos auxilia na tomada de decisão sobre qual utilizar, quando se deseja alcançar determinado objetivo. Portanto, os genótipos de batata-doce presentes na coleção de trabalho do Laboratório de Evolução, Depto de Genética, Esalq/USP, foram avaliados quanto ao seu potencial produtivo e características relacionadas à produção, bem como ao teor de amido presente nos mesmos.

Referências

AREMU, C.O. Trait response to early-generation selection using a common parent in two crosses of cowpea (*Vigna unguiculata*) for humid environment performance. **Advances in Applied Science Research**, Rajasthan, v. 2, n. 6, p. 155-160, 2011.

AUSTIN, D.F. Hybrid polyploids in *Ipomoea* section Batatas. **Journal of Heredity**, Cary, v. 68, p. 259-260, 1977.

AUSTIN, D.F. The taxonomy, evolution and genetic diversity of sweet potatoes and related wild species. In: Exploration, Maintenance, Utilization of Sweet Potato Genetic Resources. PLANNING CONFERENCE, 1., 1987. Lima. **Proceedings...** Lima, 1987. p. 27-59.

BECKER, H. Tater treats – nutritious sweet potato chips and fries. **Agricultural Research**, Washington, v?, n? p. 8-9, 2001.

BELTRAME, R.; BISOGNIN, D.A.; MATTOS, B.D.; CARGNELUTTI FILHO, A.; HASELEIN, C.R.; GATTO, D.A.; SANTOS, G.A. Desempenho silvicultural e seleção precoce de clones de híbridos de eucalipto. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v. 47, n. 6, p. 791-796, 2012.

BUTELER, M.I.; JARRET, R.L.; LA BONTE, D.R. Sequence characterization of microsatellites in diploid and polyploid *Ipomoea*. **Theoretical and Applied Genetics**, Berlin, v. 99, p. 123-132, 1999.

CAIXETA, D.S.; FRITSCHÉ-NETO, R.; GRANATO, I.S.C.; OLIVEIRA, L.R.; GALVÃO, J.C.C. Early indirect selection for nitrogen use efficiency in maize. **Ciência Agrônômica**, Jaboticabal, v. 46, n. 2, p. 369-378, 2015.

CARDOSO, A.D.; VIANA, A.E.S.; MATSUMOTO, S.N.; AMARAL, C.L.F.; SEDIYAMA, T.; MORAIS, O.M. Avaliação de clones de batata-doce em Vitória da Conquista. **Horticultura Brasileira**, Brasília, v. 23, n. 4, p. 911-915, 2005.

CASTRO, L.A.S. ; EMYGDIO, B.M. **Batata-doce para produção de biocombustível**. 2009. Disponível em: <<http://www.portaldoagronegocio.com.br/artigo/batata-doce-para-producao-de-biocombustivel>> Acesso: 30 maio 2015.

CAVALCANTI, J.J.V.; RESENDE, M.D.V. Seleção precoce intensiva: uma nova estratégia para o programa de melhoramento genético do cajueiro. **Revista Brasileira de Fruticultura**, Jaboticabal, v. 32, n. 4, p. 1279-1284, 2010.

CHARCHAR, J.M; RITSCHÉL, P.S. **Avaliação do banco de germoplasma de batata-doce da Embrapa Hortaliças para resistência a *Meloidogyne* spp.** Brasília: Embrapa, 2004. 28p. (Boletim de Pesquisa e Desenvolvimento, 3).

CHAVES, J.H.; REIS, G.G.; REIS, M.G.F.; NEVES, J.C.L.; PEZZOPANE, J.E.M.; POLLI, H.Q. Seleção precoce de clones de eucalipto para ambientes com disponibilidade diferenciada de água no solo: relações hídricas de plantas em tubetes. **Árvore**, Viçosa, v.28, n.3, p. 333-341, 2004.

COSTA, S.T.V; ABREU-LIMA, T.L; CARREIRO, S.C. Atividade amilolítica de leveduras isoladas de batata-doce (*Ipomoea batatas* (L.) Lam.). **Revista Biociências**, Unitau, v. 17, v. 2, 2011.

CRUZ, C.D.; REGAZZI, A.J. **Modelos biométricos aplicados ao melhoramento genético**. Viçosa: UFV, 1997. 390p.

DAPENG, Z.; LI, X.Q. **Sweet potato as animal feed**: the perspective of crop improvement for nutrition quality, 2004. In: FUNGLIE, K.; HERMANN, M. Sweet potato post-harvest research and development in China. Borgor: CIP, 2004. p. 26-40.

DAROS, M.; AMARAL JUNIOR, A.T. do; FREITAS JUNIOR, S. de P. Estabilidade de produção de batata-doce em Campos dos Goytacazes, R.J. **Horticultura Brasileira**, Brasília, v. 18, p. 641-642, 2000.

DOLATABAD, S.S.; CHOUKAN, R.; HERVAN, E.M.; DEHGHANI, H. Multienvironment analysis of traits relation and hybrids comparison of maize based on the genotype by trait biplot. **American Journal of Agricultural and Biological Sciences**, New York, v. 5, p. 107-113, 2010.

EDMOND, J.B.; AMMERMAN, G.R. **Sweet potatoes**: production, processing, marketing. Westport, Connecticut: AVI, 1971. 334p.

EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA. 2010. Disponível em: <http://www.cnph.embrapa.br/paginas/produtos/cultivares/batata_doce.html>. Acesso em: 12 mai. 2016.

ESTEVES, M. **Embrapa desenvolve farinha de batata-doce**. Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária. 2007. Disponível em: <<http://www.embrapa.gov.br>>. Acesso em: 05 jan. 2016.

FABRI, E.G. **Diversidade genética em acessos de batata doce (*Ipomoea batatas* L.Lam.) avaliada através de marcadores microssatélites e descritores morfoagronômicos**. 2008. 173 p. Tese (Doutorado em Agronomia) - Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiróz”, Universidade de São Paulo, Piracicaba, 2008.

FAO. **FAO Statisticaldatabase**. 2013 Disponível em: <<http://faostat3.fao.org/home/index.html>>. Acesso em: 22 mai. 2016.

FARIAS NETO, J.T.; CASTRO, A.W.V.; BIANCHETTI, A. Aplicação da seleção precoce em famílias de meios irmãos de taxi-branco. **Acta Amazonica**, Manaus, v. 33, n. 1, p. 85-91, 2003.

FREITAS, Z.M.T.S.; OLIVEIRA, F.J.; CARVALHO, S.P.; SANTOS, V.F.; SANTOS, J.P.O. Avaliação de caracteres quantitativos relacionados com o crescimento vegetativo entre cultivares de café arábica de porte baixo. **Bragantia**, Campinas, v. 66, n. 2, p. 267-275, 2007.

FRUTOS, E.; GALINDO, M.P.; LEIVA, V. An interactive biplot implementation in R for modeling genotype-by-environment interaction. **Stochastic Environmental Research and Risk Assessment**, Berlin, v. 28, p. 1629-1641, 2013.

GABRIEL, K.R. The biplot graphic display of matrices with application to principal component analysis. **Biometrika**, London, v. 58, n. 3, p. 453-467, 1971.

GAUCH, H.; ZOBEL, R. **AMMI analysis of yield trials**. In: ‘Genotype by environment interaction. KANG, M.S.; ;GAUCH, H.G.(Ed.). Boca Raton, FL;CRC, Press, 1996. p. 85-122.

GONÇALVES, L.S.A.; RODRIGUES, R.; SUDRÉ, C.P.; BENTO, C.S. MOULIN, M.M.; ARAÚJO, M.L.; DAHER, R.F.; PEREIRA, T.N.S.; PEREIRA, M.G. Divergência genética em tomate estimada por marcadores RAPD em comparação com descritores multicategóricos. **Horticultura Brasileira**, Brasília, v.6, n. 3, p.364-370, 2008.

GONÇALVES, P.S.; BORTOLETTO, N.; FONSECA, F.S.; BATAGLIA, O.C.; ORTOLANI, A.A. Early selection for growth vigor in rubber tree genotypes in northwestern São Paulo State (Brazil). **Genetics and Molecular Biology**, Ribeirão Preto, v. 21, n. 4, p. 620-630, 1998.

GREENE, J.L. **Bread making properties of a sweet potato flour**. Disponível em: <http://ift.confex.com/ift/2003/techprogram/paper_20409.htm>. Acesso: 20 abril 2015

HAYNES, K.G.; GERGELA, D.M.; HUTCHINSON, C.M.; YENCHO, G.C.; CLOUGH, M.E.; HENNINGER, M.R.; HALSETH, D.E.; SANDSTED, E.; PORTER, G.A. Early

generation selection at multiple locations may identify potato parents that produce more widely adapted progeny. **Euphytica**, Wageningen, v. 186, n. 2, p. 573–583, 2012.

HEYWOOD, V.H. **Flowering Plants of the World**. 2nd ed. London: Croom Helm Publishers, 1985. 903p.

HUANG, J.C.; SUN, M. Genetic diversity and relationships of sweet potato and its wild relatives in *Ipomoea* series *Batatas* (Convolvulaceae) as revealed by inter-simple sequence repeat (ISSR) and restriction analysis of chloroplast DNA. **Theoretical and Applied Genetics**, Berlin, v. 100, p. 1050–1060, 2000.

IBGE. **Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística**. Disponível em: <<http://www.ibge.br>>. Acesso em: 23 de Jul. 2013.

JARRET, R.L.; AUSTIN, D.F. Genetic diversity and systematic relationships in sweet potato (*Ipomoea batatas* (L.) Lam.) and related species as revealed by RAPD analysis. **Genetic Resources and Crop Evolution**, Dordrecht, v. 41, p.165–173, 1994.

JARRET, R.L.; GAWEL, N.; WHITTEMORE, A. Phylogenetic relationship of the sweet potato (*Ipomoea batatas* (L.) Lam.). **Journal of the American Society for Horticultural Science**, Alexandria, v.117, p. 633–637, 1992.

JONES, A. Sweet potato. In: FEHR, W.R.; HADDEY, H.H. (Ed.). Hybridization of crop plants. **American Society Agronomy**, Madison, p. 645-655, 1980.

JONES, A.; DUKES, P.D. Some seed, seedling, and maternal characters as estimates of commercial performance in sweet potato breeding. **Journal of the American Society for Horticulture Science**, Lancaster, v. 101, n. 4, p. 385-388, 1976.

LEBOT, V. **Tropical root and tuber crops: Cassava, sweet potato, yams and aroids**. Crop production science in horticulture. Oxfordshire: CABI, 2009. 432p.

LEE, S.J., YAN, W., JOUNG, K.A., I.L.L, M.C. Effects of year, site, genotype, and their interaction on the concentration of various isoflavones in soybean. **Field Crops Research**, Amsterdam, v. 81, p.181-192, 2003.

LIMA, U.A.; BASSO, L.C.; AMORIM, H.V. **Produção de etanol - biotecnologia industrial: processos fermentativos e enzimáticos**. São Paulo, Ed. Edgard Blucher, v. 3, 2001. 43p.

LOVE, S.L.; WERNER, B.K.; PAVEK, J.J. Selection for individual traits in the early generations of a potato breeding program dedicated to producing cultivars with tuber having long shape and russet skin. **American Journal of Potato Research**, Orono, v. 74, n. 3, p. 199-213, 1997.

MARIANTE, A.S; SAMPAIO, M.J.A; INGLIS, M.C.V. Informe nacional sobre a situação dos recursos fitogenéticos para a alimentação e a agricultura do Brasil. Informe Nacional. Documentos da Embrapa, 2008. Disponível em: <[ftp://ftp.fao.org/ag/agp/countryreports/Informe%20Nacional%20Brasil.pdf](http://ftp.fao.org/ag/agp/countryreports/Informe%20Nacional%20Brasil.pdf)>. Acesso: 13 mar. 2015.

- McCUBBIN, A.G.; KAO, T.H. Molecular recognition and response in pollen and pistil interactions. **Annual Review of Cell and Developmental Biology**, Palo Alto, v. 16, p. 333–364, 2000.
- McDONALD, J.A.; AUSTIN, D.F. Changes and additions in *Ipomoea* section *Batatas* (Convolvulaceae). **Brittonia**, Bronx, v. 42, p.116–120, 1990.
- MINGOTI, S.A. **Análise de dados através de métodos de estatística multivariada: uma abordagem aplicada**. Belo Horizonte: Ed. UFMG, 2005. 295p.
- MIRANDA, J.E.C.; FRANCA, F.H.; CARRIJO, O.A; SOUZA, A.F; PEREIRA, W.; LOPES, C.A, SILVA, J.B.C. **A cultura da batata-doce**. Brasília: EMBRAPA-SPI, 1995. 94p. (Coleção Plantar, 30).
- MOMENTÉ, V.G.; TAVARES, I.B.; RODRIGUES, S.C.S.; SILVEIRA, M.A.; SANTANA, W.R. Seleção de cultivares de batata-doce adaptados à produção de biomassa, via programa de melhoramento, visando à produção de álcool no estado do Tocantins. **Horticultura Brasileira**, Brasília, v. 22, n. 2, p. 343-344, 2004.
- MONTEIRO, A.B. Silagens de cultivares e clones de batata-doce para alimentação animal visando sustentabilidade da produção agrícola familiar. **Revista Brasileira de Agroecologia**, Pelotas, v.2, n.2, p. 978-981, 2007.
- OKOYE, M.N.; OKWUAGWU, C.O.; UGURU, M.I.; ATAGA, C.D.; OKOLO, E.C. Genotype by trait relation of oil yield in oil palm (*Elaeis guineensis* Jacq.) based on GT biplot. **African Crop Science Conference Proceedings**, El-Minia, v.8, p.723-728, 2007.
- OLADEJO, A.S.; AKINWALE, R.O.; OBISESAN, I.O. Interrelationships between grain yield and other physiological traits of cowpea cultivars. **African Crop Science Journal**, El-Minia, v. 19, n. 3, p. 189- 200, 2011.
- OLIVEIRA, A.C.B.; SEDIYAMA, M.A.N.; SEDIYAMA, T.; CRUZ, C.D. Avaliação da divergência genética em batata-doce por procedimentos multivariados. **Acta Scientiarum**, Maringá, v. 22, n. 4, p. 895-900, 2000.
- PADI, F.K.; EHLERS, J.D. Effectiveness of early generation selection in cowpea for grain yield and agronomic characteristics in Semiarid West Africa. **Crop Science**, Madison, v. 48, n. 2, p. 533-540, 2008.
- PAVAN, B.E.; PAULA, R.C. DE.; PERECIN, D.; SCARPINATI, E.A.; CANDIDO, L.S. Early selection in open-pollinated *Eucalyptus* families based on competition covariates. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v.49, n.6, p.483-492, 2014.
- PAVLAK, M.C.M; ABREU-LIMA, T.L.; CARREIRO, S.C. Estudo da fermentação do hidrolisado de batata-doce utilizando diferentes linhagens de *Sacharomyces cerevisiae*. **Química Nova**, São Paulo, v. 34, n. 1, p. 82-86, 2011.
- PEREIRA, A.S. Desenvolvimento de cultivares nacionais de batata. **Batata show**, Itapetininga, v. 7, n. 3, jul.,p. 20, 2003.

PEREIRA, A.B.; MARQUES, J.R., O.G.; RAMALHO, M.A.P.; ALTHOFF, P. Eficiência da seleção precoce em famílias de meios-irmãos de *Eucalyptus camaldulensis* Dehnh, avaliadas na região noroeste do estado de Minas Gerais. **Cerne**, Lavras, v. 3, n. 1, p. 67-81, 1997.

PEREIRA, R.B.; CARVALHO, A.D.F.; PINHEIRO, J.B. Avaliação da resistência de cultivares de batata-doce ao mal-do-pé por meio de diferentes métodos de inoculação. **Boletim Pesquisa e Desenvolvimento / Embrapa Hortaliças**, 2013. 16p.

PERRY, L. Starch granule size and the domestication of manioc (*Manihot esculenta*) and sweet potato (*Ipomoea batatas*). **Economic Botany**, Bronx, v. 56, p. 335–349, 2002.

QUEIROGA, R.C.F.; SANTOS, M.A.; MENEZES, A.; VIEIRA, C.P.G.; SILVA, M.C. Fisiologia e produção de cultivares de batata-doce em função da época de colheita. **Horticultura Brasileira**, Brasília, v. 25, n. 3, p. 371-374, 2007.

REZENDE, G.D.S.P.; BERTOLUCCI, F.L.G.; RAMALHO, M.A.P. Eficiência da seleção precoce na recomendação de clones de eucalipto avaliados no norte do Espírito Santo e sul da Bahia. **Cerne**, Lavras, v. 1, n. 1, p. 45-50, 1994.

RIGÃO, M.H.; STORCK, L.; BISOGNIN, D.; LOPES, A.S.J. Correlação canônica entre caracteres de tubérculos para seleção precoce de clones de batata. **Ciência Rural**, Santa Maria, v. 9, n. 8, p. 2347-2353, 2009.

RITSCHER, P.S.; LOPES, C.A.; HUAMÁN, Z.; FERREIRA, M.E.; FRANÇA, F.H.; MENEZES, J.E.; TEIXEIRA, D.M.C.; TORRES, A.C.; CHARCHAR, J.M.; THOMAZELLI, L. Organização do banco ativo de germoplasma de batata-doce: situação atual e perspectivas. In: QUEIROZ, M.A.; GOEDERT, C.O.; RAMOS, S.R.R. (Ed.). **Recursos genéticos e melhoramento de plantas para o Nordeste brasileiro**, 1999. Disponível em: <http://www.cpatsa.embrapa.br/catalogo/livrorg/batata doce.pdf>; Acesso: 22 mai. 2015.

RODRIGUES, L.G.S.M; RODRIGUES, F.M. Composição química-bromatológica do resíduo de biocombustível de batata-doce (*Ipomoea batatas* (L.) Lam.). **Enciclopédia Biosfera**, Goiânia, v. 8, n. 14, p. 234-245, 2012.

ROSAL, C.J.S.; RAMALHO, M.A.P; GONÇALVES, F.M.A.; ABREU, A.B.F. Seleção precoce para produtividade de grãos no feijoeiro (*Phaseolus vulgaris* L.). **Bragantia**, Campinas, v. 59, n. 2, p. 189-195, 2000.

ROULLIER, C.; DUPUTIÉ, A.; WENNEKES, P.; BENOIT, L.; BRINGAS, V.M.F.; ROSSEL, G.; TAY, D.; McKEY, D.; LEBOT, V. Disentangling the origins of cultivated sweet potato (*Ipomoea batatas* (L.) Lam.). **PlosOne**, San Francisco, v. 8, p. 1-12, 2013.

SANTANA, W.R.; MARTINS, L.P.; SILVERIA, M.A.; SANTOS, W.F.; GONÇALVES, R.C.; SOUZA, F.R.; RESPLANDES, G.R.; LIMA, M.M. Identificação agrônômica de genótipos de batata-doce em banco de germoplasma para fins industriais de etanol carburante. **Tecnologia e Ciência Agropecuária**, João Pessoa, v. 7, n. 1, p. 31-34, 2013.

SANTOS, A.M.; ROSADO, S.C.S.; OLIVEIRA, A.N. Estimation of genetic parameters and verification of early selection efficiency in baru (*Dipteryx alata*). **Crop Breeding and Applied Biotechnology**, Viçosa, v. 14, p. 238-243, 2014.

- SHIOTANI, I. Genomic structure and the gene flow in sweet potato and related species. In: GREGORY, P. (Ed.). Exploration, maintenance and utilization of sweet potato genetic resources. **Report of the 1st Sweet Potato Planning Conference**, Lima, 1987. p. 61–73,
- SILVA, G.O.; PEREIRA, A.S. Seleção em gerações iniciais para caracteres agronômicos em batata. **Horticultura Brasileira**, Brasília, v. 29, n. 4, p. 499-455, 2011.
- SILVA, G.O.; PEREIRA, A.S.; SOUZA, V.; CARVALHO, F.I.F.; FRITSCH NETO, R. Seleção para caracteres fenotípicos de tubérculos nas primeiras gerações em batata. **Revista Ceres**, Viçosa, v. 55, n. 3, p. 168-172, 2008.
- SILVA, J.B.C.; LOPES, C.A.; MAGALHÃES, J.S. **Cultura da batata-doce**. In: CEREDA, M.P.; Agricultura: Tuberosas amiláceas latino americanas. São Paulo: Cargill, 2002, v.2, p. 449-503.
- SILVA, J.B.C.; LOPES, C.A.; MAGALHÃES, J.S. **Cultura da batata-doce**. Brasília: EMBRAPA-CNPq, ISSN 1678- Versão Eletrônica, Dezembro, 2004 (Sistemas de Produção 6).
- SILVEIRA, M.A.; SOUZA, F.R.; ALVIM, T.C.; DIAS, L.E.; SANTANA, W.R.; VITAL, M.K.G.S.; GOUVÊA, G.R.S.R.; COSTA, D.M. A cultura da batata-doce como fonte de matéria-prima para produção de etanol. Palmas: UFT, 2007. 45p. Disponível em: <<http://www.sudam.gov.br/conteudo/destaques/arquivos/Etanol/BOLETIM-TECNICO-UFT.pdf>>. Acesso: 10. fev. 2016.
- 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.
- SILVEIRA, M.A. **Batata-doce: A bionergia da agricultura familiar**. 19 p. 2008. Disponível em: <http://www.abhorticultura.com.br/eventosx/trabalhos/ev_1/PAL11.pdf>. Acesso: 25.mai.2015.
- SIMON, G.A.; PINTO, C.A.B.P.; BENITES, F.R.G. Seleção de famílias clonais de batata em diferentes ambientes. **Ciência e Agrotecnologia**. Lavras, v. 33, n. 1, p. 164-169, 2009.
- SOUZA, A.B. Avaliação de cultivares de batata-doce quanto a atributos agronômicos desejáveis. **Ciência Agrotecnica**, Lavras, v. 24, n. 4, p.841-845, 2000.
- SOUZA, F.R.; SILVEIRA, M.A ; TAVARES, I B; SOUZA, A.F.B.C. Quantificação de diferentes concentrações enzimáticas de alfa-amilase e amiloglucosidase em fermentação de meio hidrolisado para produção de álcool a partir da cultura de batata-doce. CONGRESSO CIENTÍFICO UNIVERSIDADE FEDERAL DO TOCANTINS,1., 2005. Palmas, **Anais...** Palmas, 2005. p. 135.
- SRISUWAN, S.; SIHACHAKR, D.; SILJAK-YAKOVLEV, S. The origin and evolution of sweet potato (*Ipomoea batatas* Lam.) and its wild relatives through the cytogenetic approaches. **Plant Science**, Shannon, v. 171, p. 424–433, 2006.
- TABELA BRASILEIRA DE COMPOSIÇÃO DE ALIMENTOS / NEPA – UNICAMP.- 4. ed. rev. e ampl.. -- Campinas: NEPA UNICAMP, 2011. 161p.

TEIXEIRA, A.L.; GONÇALVES, F.M.A.; REZENDE, J.C. de.; CARVALHO, S.P. de; PEREIRA, A.A.; MORAES, B.F.X. de; TEIXEIRA, L.G.V. Seleção precoce para produção de grãos em café arábica pela avaliação de caracteres morfológicos. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v.47, n.8, p.1110-1117, 2012.

TOLFO, A.L.T. **Estudos da viabilidade de aplicação da seleção precoce em testes clonais de *Eucalyptus* spp. e qualidade da madeira para polpa celulósica**. 2003. 50p. Dissertação (Mestrado em Genética e Melhoramento de Plantas)–Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias, Universidade Estadual Paulista “Júlio de Mesquita Filho”, Jaboticabal, 2003.

UGENT, D.; POZORSKI, S.; POZORSKI, T. Prehistoric remains of the sweet potato from the Casma Valley of Peru. **Phytologia**, Huntsville, v. 49, n. 5, p. 401–415, 1981.

VEASEY, E.A.; SILVA, J.R.Q.; ROSA, M.S.; BORGES, A.; BRESSAN, E.A.; PERONI, N. Phenology and morphological diversity of sweet potato (*Ipomoea batatas*) landraces of the Vale do Ribeira. **Scientia Agrícola**, Piracicaba, v. 64, n. 4, p. 416-427, 2007.

VERÍSSIMO, M.A.A., PEREIRA, A. da S.; SILVA, S.D. dos A.; TERRES, L.R.; NEY, V.G.; SILVA, G.O. da. Expressão de caracteres de tubérculos em função do tamanho de recipiente usado no cultivo de batata na geração de plântulas. **Ceres**, Viçosa. v. 59, n. 6, p. 787-793, 2012.

YAN, W.; FRÉGEAU-REID, J.A. Breeding line selection based on multiple traits. **Crop Science**, Madison, v.48, n.2, p. 417-423, 2008.

YAN, W.; HUNT, L.A.; SHENG, Q.; SZLAVNICS, Z. Cultivar evaluation and mega environment investigation based on the GGE biplot. **Crop Science**, Madison, v. 40, n. 3, p. 597-605, 2000.

YAN, W.; HUNT, L.A. Interpretation of genotype by environment interaction for winter wheat yield in Ontario. **Crop Science**, Madison, v. 41, p. 19–25, 2001.

YAN, W.; RAJCAN, I. Biplot analysis of test sites and trait relations of soybean in Ontario. **Crop Science**, Madison, v.42, p. 11-20, 2002.

WOOLFE, J.A. **Sweet potato, an untapped food resource**. Cambridge, UK:Cambridge University Press, 1992. 644p.

2 SELEÇÃO PRECOCE EM BATATA-DOCE [*Ipomoea batatas* (L.) Lam.] POR MEIO DE TÉCNICAS GGE BIPLLOT

Resumo

O melhoramento genético é uma técnica muito importante, pois possibilita a obtenção de cultivares adaptadas para as mais diversas finalidades, porém exige muito tempo e recursos financeiros para ser realizado. Várias são as estratégias adotadas para a redução desses fatores indesejáveis, dentre elas se destacando a seleção precoce, que se caracteriza por ser uma ferramenta útil no descarte precoce de materiais não promissores. Para auxiliar na seleção precoce, análises como a GGE Biplot são muito eficientes. Dessa forma, os objetivos do presente trabalho foram avaliar a eficiência da seleção precoce, bem como estimar correlações entre características morfológicas na batata-doce. Foram utilizados 80 genótipos, pertencentes à coleção de trabalho do Laboratório de Evolução do Departamento de Genética da Esalq/USP, provenientes das regiões do Vale do Ribeira e Litoral Norte – SP. Os experimentos foram conduzidos em casa de vegetação e foram avaliadas doze características morfológicas em três épocas de avaliação distintas (30; 60 e 180 dias após o plantio), seguindo o delineamento de blocos ao acaso com três repetições. Com a elaboração do gráfico GGE Biplot para detectar as correlações entre as diferentes épocas de avaliação, observou-se que houve uma correlação muito baixa entre a primeira época (30 dias) e a terceira época (180 dias) e ausência de correlação entre épocas 1 (30 dias) e 2 (60 dias) e entre as épocas 2 e 3 (180 dias) para as características avaliadas. Dessa forma, decidiu-se por discutir apenas com base nas correlações encontradas aos 180 dias. Nessa época, as características que se correlacionaram positivamente foram: diâmetro do pecíolo (DP) e comprimento do pecíolo (CP), diâmetro do pecíolo (DP) e área foliar (AF). Correlações negativas foram observadas entre diâmetro do entrenó (DE) e número de brotos (NB); diâmetro do entrenó (DE) e número de folhas (NF), além de diâmetro do entrenó (DE) e comprimento do entrenó (CE). A característica rendimento (REND) se correlacionou muito pouco com algumas características. Com outras, como massa fresca da parte aérea (MFA), comprimento do entrenó (CE) e comprimento da rama (CR), a correlação foi negativa. Pelos resultados apresentados, sugere-se a não utilização da seleção precoce em batata-doce.

Palavras-chave: Correlações; Seleção indireta; Genótipos; Características morfológicas

Abstract

Plant breeding is a very important scientific field because it makes it possible to obtain cultivars adapted to many different purposes, but requires a lot of time and financial resources to be performed. There are several strategies adopted to reduce these undesirable factors; among them early selection stands out, being characterized as a useful tool for early disposal of unpromising materials. In order to assist in early selection, analyses such as GGE Biplot are very efficient. Thus, the objectives of this study were to evaluate the efficiency of early selection, and to estimate correlations between morphological characteristics in sweet potatoes. We used 80 genotypes belonging to the work collection of the Evolution Lab of the Department of Genetics, ESALQ / University of São Paulo, collected in the regions of Ribeira Valley and North Coast, São Paulo State. The experiments were conducted in a greenhouse and twelve morphological traits were evaluated at three different times (30, 60 and 180 days after planting), following the design of a randomized block design with three replications. After the construction of the GGE Biplot graphic to detect the correlations between different periods of evaluation, it was observed that there was a very low correlation between the first time (30 days) and the third time (180 days) and no correlation between times 1 (30 days) and

2 (60 days) and between times 2 and 3 (180 days) for the traits. Thus, it was decided that the discussion would be based only on correlations found at 180 days. At that time the traits that correlated positively were: petiole diameter (DP – these and other initials as shown in the figures) and petiole length (CP), petiole diameter (DP) and leaf area (AF), petiole diameter (DP) and leaf area (AF). Negative correlations were observed between internode diameter (DE) and number of shoots (NB); internode diameter (DE) and number of leaves (NF), and internode diameter (DE) and internode length (CE). The trait yield (REND) correlated very little with some features and negatively with others like fresh shoot mass (MFA), internode length (CE) and stem length (CR). From the results presented, it is suggested that early selection be not used in sweet potatoes.

Keywords: Correlations; Indirect selection; Genotypes; Morphological characteristics

2.1 Introdução

A batata-doce é uma cultura que apresenta múltiplos usos e grande potencial para produzir quantidades elevadas de alimento com reduzida aplicação de insumos, e isso a torna uma opção interessante principalmente para a agricultura familiar em todas as regiões do Brasil (SOUZA, 2000). Porém, são vários os fatores limitantes para a produção de batata-doce no território nacional, dentre eles se destacando a falta de informações acerca das variedades mais adaptadas para determinadas regiões de cultivo. Principalmente no Nordeste, onde essa hortaliça é amplamente cultivada, percebe-se que esta não expressa todo seu potencial produtivo (OLIVEIRA et al, 2000). Para que essa realidade seja modificada é imprescindível que pesquisas na área de melhoramento genético sejam realizadas, a fim de que se possam recomendar as variedades que atendam às necessidades específicas dos produtores.

O melhoramento genético é trabalho realizado em longo prazo e algumas estratégias existem para que o processo seja acelerado, uma das alternativas sendo a utilização da seleção precoce. A seleção precoce se caracteriza por identificar características das plantas em estágio juvenil que estejam relacionadas com aquelas de interesse econômico na fase adulta, diminuindo assim o tempo para se completar um ciclo de seleção (WU, 1998; GONÇALVES et al., 1998). A vantagem da seleção precoce é o fato de poder agilizar o programa de melhoramento e reduzir os custos e o trabalho para a manutenção e multiplicação desses materiais (BISOGNIN, 2003), desde que os clones superiores sejam adequadamente identificados.

A seleção precoce inicialmente era aplicada a espécies perenes, especialmente as florestais como o *Eucalyptus* spp, tendo em vista que o ciclo de muitas dessas espécies pode demorar dezenas de anos (PEREIRA et al., 1997). Porém, atualmente, a seleção precoce tem sido uma estratégia muito eficiente para o melhoramento de espécies anuais e hortaliças.

Pesquisas realizadas com batata (*Solanum tuberosum*) demonstraram que, com a utilização da seleção precoce, é possível realizar o descarte do maior número possível de clones com características indesejáveis, na primeira geração clonal, reduzindo os custos e o trabalho para manutenção e multiplicação dos mesmos (BISOGNIN, 2003).

Existem várias metodologias para auxiliar a seleção precoce, todas com as suas peculiaridades e variações na eficiência. Dentre elas, podemos citar a análise de trilha, correlações canônicas, coeficiente de correlação de Pearson. Entretanto, uma metodologia muito eficiente na atualidade é a análise GGE Biplot. Essa técnica tem sido amplamente utilizada para avaliar interações genótipos x ambientes em uma ampla gama de espécies vegetais (MA et al., 2004; FAN et al., 2007; SILVA et al., 2011). Porém, ela não se limita a esse tipo de avaliação, sendo também utilizada com sucesso para medir as associações entre características (FRUTOS, GALINDO, LEIVA, 2013).

Ainda são poucas as pesquisas realizadas com batata-doce no Brasil e, no que diz respeito à eficiência da realização da seleção precoce, esse número é ainda menor. Portanto, é de extrema importância que pesquisas neste sentido sejam realizadas, destacando-se as que estão relacionadas ao auxílio no melhoramento genético da espécie, visto que essa cultura é muito importante, principalmente para os pequenos produtores, que na maioria das vezes não dispõem de tecnologias avançadas para o cultivo. Portanto, os objetivos do trabalho foram avaliar a eficiência da seleção precoce, bem como estimar correlações entre características morfológicas na batata-doce.

2.2 Material e Métodos

2.2.1 Coleta e conservação do material vegetal

Foram coletados genótipos de batata-doce em duas regiões do estado de São Paulo (Vale do Ribeira e Litoral Norte) para a implantação da coleção de trabalho de *I. batatas* (L.) Lam. no Departamento de Genética da ESALQ/USP. A escolha das localidades foi realizada com base em um levantamento preliminar, em que se constatou que essas regiões apresentavam elevada quantidade de comunidades locais e tradicionais que cultivam a batata-doce há bastante tempo. Também foi considerada a necessidade de conservação desses materiais, visto que houve um aumento no abandono da prática agrícola das culturas mais tradicionais nos últimos tempos.

Neste sentido, as coletas foram realizadas com o intuito de obter a máxima representatividade da variabilidade genética da espécie *I. batatas* (L.) Lam., levando em

consideração caracteres morfológicos e informações dos agricultores. Em cada local, foi amostrado o maior número possível de variedades cultivadas pelo agricultor, a fim de obter um maior detalhamento do nível de variabilidade dentro de cada roça. Durante as coletas, foram obtidas as coordenadas geográficas de cada roça e algumas informações referentes ao manejo e uso dos genótipos de batata-doce. Assim, cada agricultor respondeu um simples questionário para a compreensão do seu perfil, considerando-se os seguintes itens: nome do agricultor, local de coleta, nomenclatura local e origem do genótipo, destinação do produto e se já foi observada a produção de sementes.

Visando à conservação do material, as ramas coletadas de cada genótipo foram plantadas em vasos e acondicionadas na casa-de-vegetação, a fim de permitir uma primeira etapa de brotação e quarentena das plantas. Em seguida, os genótipos foram duplicados e um exemplar de cada um deles foi introduzido no campo experimental, enquanto o outro permaneceu na casa de vegetação para que se pudesse garantir, de forma segura, a preservação destes materiais genéticos.

2.2.2 Experimento em casa de vegetação

As mudas foram coletadas com tamanho aproximado de 30 centímetros, contendo pelo menos quatro pares de gemas e plantadas em vasos com capacidade de 10 litros. Foram utilizados os mesmos 80 genótipos que integravam a coleção de trabalho. O experimento foi implantado no mês de setembro no ano de 2014. O delineamento experimental foi o de blocos ao acaso com três repetições e três épocas de avaliação, sendo realizadas aos 30, 60 e 180 dias após o plantio. Essas épocas foram escolhidas devido ao fato de elas representarem marcos fenológicos da cultura. A adubação de plantio foi realizada com NPK 4-14-8, na quantidade de 10g/vaso, e a de cobertura foi realizada 45 dias após o plantio com NPK 20-0-20, 10g/vaso. Também foi realizado o controle de pragas, doenças e plantas daninhas.

Nas três épocas foram avaliadas diversas características vegetativas sendo que nos primeiros 30 dias foram avaliados:

- a) Massa fresca da parte aérea (MFA) (g), com auxílio de balança semi-analítica da marca Marte, modelo AS1000C.
- b) Comprimento da rama principal (CR) (cm), com uma fita métrica;
- c) Comprimento do entrenó (CE) (cm), com o auxílio de uma régua graduada;
- d) Comprimento da folha (CF) (cm), com o auxílio de uma régua graduada;
- e) Comprimento do pecíolo (CP) (cm), com auxílio de régua graduada;
- f) Diâmetro do entrenó (DE) (cm), com um paquímetro digital 6", marca ZAAS Precision;

- g) Diâmetro do pecíolo (DP) (cm), com um paquímetro digital 6", marca ZAAS Precision;
- h) Área foliar (AF) (cm²), com o medidor de área foliar LI-COR LI-3000C;
- i) Número de folhas (NF);
- j) Número de brotos (NB).

Na segunda época (60 dias), foram avaliadas as mesmas características vegetativas, além das raízes aptas à tuberização (RAT). As plantas foram retidas dos vasos e as raízes separadas. Posteriormente, aquelas consideradas aptas à tuberização foram identificadas e avaliadas.

Na última época (180 dias), avaliou-se o rendimento em raízes tuberosas (REND), pesando-se todas as raízes que apresentavam formato desejável. Preferiu-se utilizar essa denominação, pois a avaliação dessas raízes é um indicativo da produtividade, por isso não pode ser considerada literalmente como produtividade - isso levaria a uma avaliação tendenciosa, visto que, dentro do vaso, a falta de espaço impede o máximo desenvolvimento dessas raízes.

Tabela 2- Descrição dos genótipos de batata-doce utilizados no experimento. Piracicaba-SP, 2014. (Continua...)

| Genótipo | Nome | Procedência | Cor da casca | Cor da polpa |
|----------|-------------------|-------------|--------------|--------------|
| 1 | Batata preta | Iguape | Roxa | Roxa |
| 2 | Batata branca | Iguape | Creme | Creme |
| 3 | Batata roxinha | Iguape | Roxa | Roxa |
| 4 | Batata branca | Iguape | Branca | Branca |
| 5 | Sem identificação | Iguape | Creme | Creme |
| 6 | Batata branca | Iguape | Creme | Creme |
| 7 | Batata branca | Iguape | Rosa | Creme |
| 8 | Batata branca | Iguape | Branca | Branca |
| 9 | Batata branca | Iguape | Salmão | Creme |
| 10 | Batata branca | Iguape | Branca | Branca |
| 11 | Batata branca | Iguape | Branca | Branca |
| 12 | Batata branca | Iguape | Branca | Branca |
| 13 | Batata branca | Iguape | Amarela | Amarela |
| 14 | Batata rosa | Iguape | Salmão | Creme |
| 15 | Batata rosa | Iguape | Salmão | Creme |

Tabela 2 - Descrição dos genótipos de batata-doce utilizadas no experimento. Piracicaba-SP, 2014. (Continua...)

| Genótipo | Nome | Procedência | Cor da casca | Cor da polpa |
|----------|----------------------|---------------|--------------|---------------|
| 16 | Batata roxa | Iguape | Rosa escuro | Creme |
| 17 | Batata intermediária | Iguape | Salmão | Creme |
| 18 | Batata intermediária | Iguape | Rosa escuro | Creme |
| 19 | Não identificada | Iguape | Salmão | Creme |
| 20 | Batata rosa | Iguape | Salmão | Creme |
| 21 | Não identificada | Iguape | Rosa claro | Creme |
| 22 | Não identificada | Iguape | Rosa escuro | Creme |
| 23 | Sem identificação | Iguape | Salmão | Creme |
| 24 | Batata roxa | Iguape | Rosa escuro | Creme |
| 25 | Batata rosa | Iguape | Rosa claro | Amarela |
| 26 | Sem identificação | Ilha Comprida | Amarela | Amarela |
| 27 | Sem identificação | Ilha Comprida | Amarela | Amarela |
| 28 | Batata abóbora | Ilha Comprida | Rosa claro | Creme |
| 29 | Batata de 3 meses | Ilha Comprida | Rosa escuro | Creme |
| 30 | Batata Cecília | Ilha Comprida | Creme | Creme |
| 31 | Branca empencada | Ilha Comprida | Branca | Branca |
| 32 | Cecília casca fina | Ilha Comprida | Salmão | Creme |
| 33 | Batata branca | Cananéia | Rosa | Creme |
| 34 | Batata roxa | Cananéia | Roxa | Roxa |
| 35 | Batata roxa | Cananéia | Roxa | Roxa |
| 36 | Roxinha beterraba | Cananéia | Roxa | Roxa |
| 37 | Batata branca | Cananéia | Branca | Branca |
| 38 | Rosa com branca | Cananéia | Rosa escuro | Creme |
| 39 | Batata penca | Cananéia | Amarela | Branco e roxa |
| 40 | Batata branca | Cananéia | Amarela | Creme |
| 41 | Batata São João | Cananéia | Amarela | Creme |
| 42 | Batata branca | Cananéia | Creme | Creme |
| 43 | Batata branca | Cananéia | Amarela | Creme |
| 44 | Batata rosada | Cananéia | Rosa escuro | Creme |
| 45 | Batata rosinha claro | Cananéia | Roxa | Creme |

Tabela 2 - Descrição dos genótipos de batata-doce utilizadas no experimento. Piracicaba-SP, 2014. (Continua...)

| Genótipo | Nome | Procedência | Cor da casca | Cor da polpa |
|----------|--------------------|---------------|--------------|--------------|
| 46 | Sem identificação | BAG antigo | Amarela | Amarela |
| 47 | Sem identificação | BAG antigo | Rosa escuro | Creme |
| 48 | Sem identificação | BAG antigo | Amarela | Amarela |
| 49 | Sem identificação | BAG antigo | Amarela | Amarela |
| 50 | Sem identificação | BAG antigo | Amarela | Amarela |
| 51 | Batata branca | Ubatuba | Branca | Branca |
| 52 | Sem identificação | Ubatuba | Roxa | Creme |
| 53 | Sem identificação | Ubatuba | Rosa escuro | Creme |
| 54 | Rosa escura | Ubatuba | Rosa | Creme |
| 55 | Branca | Ubatuba | Creme | Creme e roxa |
| 56 | Branca | Ubatuba | Branca | Branca |
| 57 | Amarela | Ubatuba | Rosa escuro | Creme |
| 58 | Branca grandona | Ubatuba | Rosa | Creme |
| 59 | Branca compridinha | Ubatuba | Creme | Branca |
| 60 | Branca comprida | Ubatuba | Creme | Creme |
| 61 | Sem identificação | Ubatuba | Roxa | Creme |
| 62 | Sem identificação | Ubatuba | Rosa escuro | Creme |
| 63 | Branca | Ubatuba | Roxa | Roxa |
| 64 | Roxa com amarelo | Ubatuba | Rosa escuro | Creme |
| 65 | Amarela | Ubatuba | Amarela | Creme |
| 66 | Branca pão | Ubatuba | Rosa escuro | Creme |
| 67 | Amarelinha | Ubatuba | Rosa | Creme |
| 68 | Tioté | Ubatuba | Amarela | Amarelo ouro |
| 69 | Roxa | Ubatuba | Rosa escuro | Creme |
| 70 | Rosinha claro | Ubatuba | Creme | Creme e roxa |
| 71 | Sem identificação | Caraguatatuba | Creme | Branca |
| 72 | Branca | Caraguatatuba | Creme | Branca |

Tabela 2 - Descrição dos genótipos de batata-doce utilizadas no experimento. Piracicaba-SP, 2014.

| Genótipo | Nome | Procedência | Cor da casca | Cor da polpa |
|----------|-------------------|------------------------|--------------|--------------|
| 73 | Sem identificação | Caraguatatuba | Rosa escuro | Creme |
| 74 | Sem identificação | Caraguatatuba | Creme | Creme |
| 75 | Sem identificação | São Luiz do Paraitinga | Branca | Branca |
| 76 | Branca comprida | Ubatuba | Amarela | Amarela |
| 77 | Canadense | Piracicaba | Rosa escuro | Creme |
| 78 | Roxa inteira | Piracicaba | Roxa | Roxa |
| 79 | Branca | Piracicaba | Creme | Creme |
| 80 | Sem identificação | BAG antigo | Creme | Branca |



Figura 1 – Vista geral do experimento implantado em casa de vegetação do Laboratório de Evolução, no Departamento de Genética da Esalq/USP

2.2.3 Análises estatísticas

Para a obtenção dos componentes de variância e dos valores genotípicos dos clones para cada época, os dados obtidos de variáveis foram submetidos a análises por meio do método REML/BLUP, conforme descrito por Resende (2002), considerando o seguinte modelo:

$$y = Xr + Zg + e$$

em que y é o vetor dos valores fenotípicos dos clones; r é o vetor dos efeitos de blocos (assumidos como fixos); g é o vetor dos efeitos genotípicos dos clones (assumidos como aleatórios); e é o vetor de erros aleatórios. X e Z são matrizes de incidência que relacionam, respectivamente, os efeitos de r e g ao vetor y .

Foram ajustados modelos lineares generalizados mistos para as características avaliadas que não seguiram distribuição normal, com modelo semelhante ao apresentado acima e as mesmas pressuposições para os efeitos fixos e aleatórios, exceto o vetor de erros aleatórios, que não está presente. Assim, foi assumido que os dados seguem a distribuição de Poisson (dados de contagem) e a função de ligação utilizada foi a logarítmica.

Os componentes de variância foram assumidos como desconhecidos para a resolução das equações de modelos mistos, sendo estimados pelo método REML, utilizando os pacotes estatísticos computacionais ASREML (BUTLER et al., 2007). Os efeitos do modelo foram testados através do teste da razão de verossimilhança (LRT) e o F pelo pacote *asremlPlus* (BRIEN, 2016).

Para realização das análises GGE Biplot as médias ajustadas foram obtidas a partir de um modelo semelhante ao descrito acima, no entanto o genótipo foi considerado de efeito fixo. O modelo GGE biplot não separa o efeito de genótipo (G) do efeito da interação genótipo x época (G x E), mantendo-os juntos em dois termos multiplicativos, que podem ser visualizado na seguinte equação:

$$\bar{Y}_{ij} = \mathbf{g}_{i1}\mathbf{e}_{1j} + \mathbf{g}_{i2}\mathbf{e}_{2j} + \varepsilon_{ij}$$

em que, \bar{Y}_{ij} é a média ajustada do clone i na época j ; \mathbf{g}_{i1} e \mathbf{e}_{1j} são os escores principais para o i -ésimo clone na j -ésima época, respectivamente; \mathbf{g}_{i2} e \mathbf{e}_{2j} são os escores secundários para o i -ésimo clone na j -ésima época, respectivamente; ε_{ij} é o resíduo não explicado por ambos os efeitos. Assim, a construção do gráfico biplot no modelo GGE se dá através da dispersão simples de \mathbf{g}_{i1} e \mathbf{g}_{i2} para genótipos e \mathbf{e}_{1j} e \mathbf{e}_{2j} para épocas, por meio da Decomposição em Valores Singulares (DVS), conforme:

$$\bar{Y}_{ij} = \lambda_1 \xi_{i1} \eta_{1j} + \lambda_2 \xi_{i2} \eta_{2j} + \varepsilon_{ij}$$

em que, λ_1 e λ_2 são os maiores autovalores do primeiro e segundo componentes principais CP₁ e CP₂, respectivamente; ξ_{i1} e ξ_{i2} são os autovetores do i -ésimo clone para CP₁ e CP₂, respectivamente; η_{1j} e η_{2j} são os autovetores da j -ésima época para ACP₁ e ACP₂, respectivamente.

Dessa forma, três gráficos foram gerados com as informações dos componentes principais. O primeiro é utilizado para visualização da correlação entre as três épocas, para todas as características vegetativas. O segundo e o terceiro apresentam informações de

correlação entre características e destas com os clones. Outro gráfico formado, o ‘quem-venceu-onde’, em que um polígono é formado com os clones que estão mais distantes da origem do biplot e que nos dá um indicativo do desempenho dos clones em relação às características avaliadas.

Todas as análises GGE Biplot foram realizadas utilizando-se o pacote GGEBiplotGUI (FRUTOS, GALINDO, LEIVA, 2014), com o auxílio do *software* R (R CORE TEAM, 2014).

2.3 Resultados e Discussão

2.3.1 Análise de *deviance*

A batata-doce possui três fases de crescimento distintas e a duração de cada fase é muito variável, dependendo de diversos fatores, como o cultivar e as condições ambientais. Em condições de clima tropical, a fase denominada de fase inicial ocorre nos primeiros 40 dias após o plantio (DAP). A fase intermediária se dá entre 40 e 70 DAP e a fase final a partir de 70 DAP (LEBOT, 2009). Pelos resultados obtidos na análise de variância aos 30 dias, é possível visualizar que houve diferença significativa para todas as características avaliadas, sendo $p \leq 0,01$ para as características MFA, CR, NB, CE, DE, CF, CP, DP e AF e $p \leq 0,05$ para a característica NF (Tabela 3).

Aos 60 dias, a planta encontra-se na fase intermediária, em que há um rápido crescimento vegetativo da parte aérea, com aumento da área foliar, acompanhado por um desenvolvimento inicial da raiz de armazenamento. Pelos resultados apresentados na tabela 3, observa-se que houve diferença significativa entre os genótipos ($p \leq 0,01$) para todas as características avaliadas, inclusive a característica NRT, que foi avaliada nesta fase. Esses resultados indicam a existência de variabilidade genética entre os genótipos. Essa característica é muito importante, pois, segundo Somasundaram e Mithra (2008), início de tuberação precoce, alta taxa de acúmulo de amido e longo período de acúmulo de reservas nas raízes são atributos que aumentam a produtividade.

A fase final do desenvolvimento da batata-doce se caracteriza pela diminuição no crescimento da parte aérea e um rápido aumento no volume das raízes tuberosas com o acúmulo de grandes quantidades de amido (LEBOT, 2009). Com 180 dias, observa-se que houve diferenças significativas ($p \leq 0,01$) para todas as características avaliadas. Nesta fase foram avaliadas também as raízes tuberosas formadas e, da mesma forma, para essa característica houve diferenças significativas ($p \leq 0,01$) entre os genótipos, indicando haver variabilidade genética entre eles.

De modo geral, quando os genótipos foram avaliados em 60 e 180 dias, as estimativas de herdabilidade foram maiores se comparadas às de 30 dias (Tabela 3). O comprimento da rama (CR) e o comprimento do entrenó (CE) apresentaram valores de herdabilidade de 80,2% e 84,8%, respectivamente, aos 180 dias. Esses resultados corroboram os encontrados por Cavalcante et al. (2009), avaliando 11 variedades de batata-doce em Alagoas, que encontraram herdabilidade de 89,95% para comprimento do entrenó (CE). Porém, para a variável comprimento da rama principal (CR), foi encontrada herdabilidade de 61,72%, inferior à encontrada no presente experimento. Esse fato demonstra que a maior parte da variabilidade fenotípica foi de natureza genética, sendo um indicativo de que a seleção baseada nessas características pode ser realizada com eficiência. Já o diâmetro do entrenó (DE) apresentou valor de herdabilidade de 82,9% aos 60 dias, superior ao encontrado pelos autores citados anteriormente, que foi de 77,32%. Esses resultados são interessantes porque se podem selecionar genótipos em estádios iniciais de desenvolvimento da batata-doce para essa característica.

Tabela 3- Resumo das análises de *deviance* para as características: Massa fresca da parte aérea (MFA), comprimento da rama principal (CR), número de folhas (NF), número de brotos (NB), comprimento do entrenó (CE), diâmetro do entrenó (DE), comprimento da folha (CF), comprimento do pecíolo (CP), diâmetro do pecíolo (DP), área foliar (AF), raízes aptas à tuberação (RAT) e raízes tuberosas (RT) em 80 genótipos de batata-doce avaliados aos 30, 60 e 180 dias, em Piracicaba, SP, Brasil.

| Var | 30 dias | | | | | 60 dias | | | | | 180 dias | | | | |
|-----|--------------|--------------|-------|-----------------------|-----------|--------------|--------------|-------|----------------------|-----------|--------------|--------------|-------|----------------------|-----------|
| | σ_g^2 | σ_e^2 | h^2 | LRT | \bar{x} | σ_g^2 | σ_e^2 | h^2 | LRT | \bar{x} | σ_g^2 | σ_e^2 | h^2 | LRT | \bar{x} |
| MFA | 35,26 | 77,62 | 57,7 | 20,61 ^{**} | 24,81 | 81,69 | 84,23 | 74,4 | 43,41 ^{**} | 224,02 | 68122,99 | 60445,9 | 69,3 | 30,69 ^{**} | 976,09 |
| CR | 71,21 | 193,98 | 52,4 | 13,84 ^{**} | 28,09 | 1496,62 | 1761,39 | 71,8 | 35,25 ^{**} | 110,82 | 13159,43 | 6471,76 | 80,2 | 57,13 ^{**} | 311,11 |
| NF | 1,08 | 1 | NC | 2,85 [*] | 11,77 | 25,32 | 1 | NC | 169,33 ^{**} | 21,52 | 138,07 | 1 | NC | 331,24 ^{**} | 48,55 |
| NB | 0,49 | 1,31 | 52,7 | 15,49 ^{**} | - | 8,17 | 1 | NC | 344,86 ^{**} | 5,61 | 16,70 | 12,52 | 72,7 | 50,35 ^{**} | 13,12 |
| CE | 1,28 | 1,84 | 67,6 | 25,88 ^{**} | 2,48 | 3,10 | 2,89 | 76,3 | 55,75 ^{**} | 4,47 | 4,20 | 1,50 | 84,8 | 73,22 ^{**} | 5,80 |
| DE | 0,003 | 0,002 | 78,1 | 1459,88 ^{**} | 0,37 | 0,005 | 0,003 | 82,9 | 81,93 ^{**} | 0,44 | 0,005 | 0,004 | 71,6 | 36,28 ^{**} | 0,56 |
| CF | 0,57 | 2,01 | 45,9 | 10,55 ^{**} | 8,30 | 1,56 | 2,077 | 69,3 | 37,29 ^{**} | 10,77 | 2,14 | 2,33 | 64,8 | 30,45 ^{**} | 12,00 |
| CP | 1,10 | 1,86 | 63,9 | 29,47 ^{**} | 6,01 | 4,81 | 7,15 | 66,9 | 30,08 ^{**} | 8,63 | 5,85 | 10,95 | 51,7 | 20,71 ^{**} | 18,24 |
| DP | 0,0008 | 0,002 | 54,7 | 17,45 ^{**} | 0,24 | 0,002 | 0,003 | 63,6 | 27,90 ^{**} | 0,31 | 0,002 | 0,002 | 63,3 | 24,35 ^{**} | 0,35 |
| AF | 68,68 | 83,38 | 71,2 | 43,62 ^{**} | 29,41 | 163,78 | 170,8 | 74,2 | 47,55 ^{**} | 39,98 | 275,09 | 250,68 | 68,7 | 100,63 ^{**} | 71,89 |
| RAT | - | - | - | - | - | 0,13 | 0,31 | 55,1 | 15,23 ^{**} | 0,29 | - | - | - | - | - |
| RT | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | 31512,79 | 33111,17 | - | 20,09 | 407,83 |

** , * , ^{ns}: Teste de razão de verossimilhança, ^{ns} = não significativo, * = significativo a 5%, ** = significativo a 1% de probabilidade pelo teste qui-quadrado, com 1 grau de liberdade. NC= Não calculado devido ao fato de as variáveis terem sido transformadas. σ_g^2 = variância genética; LRT = teste de razão de verossimilhança; σ_e^2 = variância devida ao ambiente; h^2 = herdabilidade no sentido restrito levando em consideração as três repetições; \bar{x} = média do caráter.

2.3.2 Análises GGE Biplot

2.3.2.1 Análises GGE Biplot para as diferentes épocas

A análise de GGE Biplot é uma análise estatística multivariada que demonstra graficamente os dados e permite visualizar a relação existente entre genótipos, ambientes e suas interações (YAN et al., 2001). Os resultados apresentados a seguir se referem à relação existente entre as características vegetativas e de produção da batata-doce e os diferentes genótipos testados em diferentes épocas de avaliação.

Essas características vegetativas foram avaliadas em três épocas distintas, visando à identificação de correlações entre as épocas, pois o melhoramento de plantas é um conjunto de técnicas que exige um longo período de tempo para ser aplicado com sucesso. Dessa forma, a realização da seleção precoce se apresenta como alternativa para acelerar os programas de melhoramento. Este tipo de seleção tem como vantagem a otimização dos recursos financeiros destinados ao programa e o encurtamento dos ciclos de seleção, podendo proceder ao descarte de materiais com características desfavoráveis desde que clones superiores sejam adequadamente identificados nas primeiras gerações clonais (SILVA; PEREIRA, 2011).

O gráfico GGE Biplot das diferentes épocas de avaliação em batata-doce demonstrou que os dois primeiros componentes principais (PC1 e PC2) explicaram 82,26% da variância total (Figura 2). Pode-se perceber que não há correlação entre as épocas 1 (30 dias) e 2 (60 dias) e entre as épocas 2 e 3 (180 dias) para as características avaliadas. Observa-se também que há baixa correlação entre as épocas 1 (30 dias) e 3 (180 dias). Esses resultados são importantes pelo fato de se identificar qual a melhor época para realizar a seleção de genótipos que apresentam determinada característica, impedindo que se incorra no erro de realizar a seleção no momento inapropriado.

Porém, quando as associações são baixas, a seleção fica prejudicada e se aplicarmos a seleção aos 30 dias, baseando-nos em algumas características, poderemos verificar aos 180 dias que os resultados não se reproduzem da forma esperada. Com isso, possivelmente haverá o descarte de materiais promissores no início do ciclo e avanço de gerações utilizando materiais com características indesejáveis.

Essa ausência de correlação, ou correlação muito baixa entre épocas distintas pode ser explicada pelo fato de que os genótipos de batata-doce apresentam crescimentos diferenciados, com trocas de posição relativa dos estádios fenológicos quando comparadas entre genótipos diferentes ao longo do crescimento, o que dificulta a seleção precoce. Essa

afirmativa pode ser verificada ao observarmos os gráficos *interaction plot* (Figura 3), que foram construídos a partir de dez genótipos escolhidos aleatoriamente.

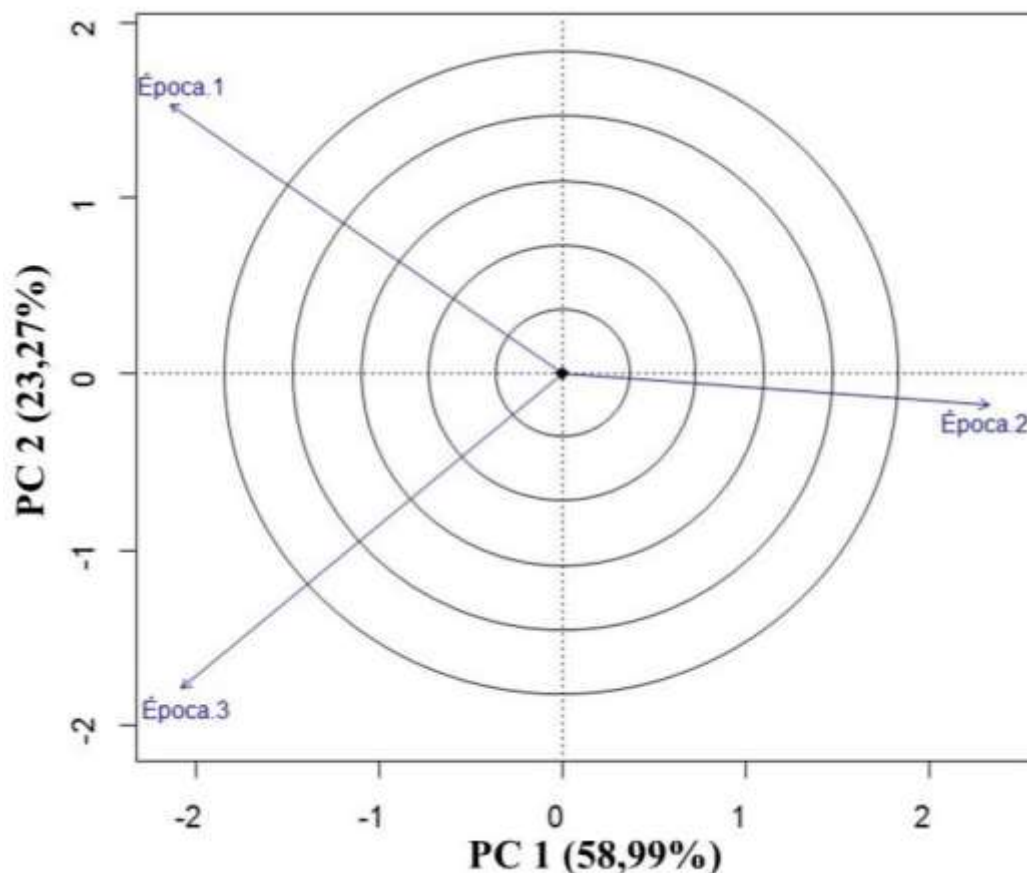


Figura 2 - Análise GGE Biplot referente à correlação entre as características vegetativas de batata-doce em três épocas distintas (30; 60 e 180 dias após o plantio). O ângulo mínimo entre dois vetores representa a correlação entre as duas épocas a eles correspondentes.

Os gráficos deixam claro que para sete das nove características avaliadas em todas as épocas, CR (Comprimento da rama); CE (Comprimento do entrenó); DE (Diâmetro do entrenó); CF (Comprimento da folha); CP (Comprimento do pecíolo); DP (Diâmetro do pecíolo) e AF (Área foliar), todos os genótipos amostrados apresentam essas inversões na posição relativa nas diferentes épocas, ou seja, não há uma tendência de crescimento ou redução ao longo das épocas. Isso pode estar relacionado ao fato de os genótipos utilizados no experimento provavelmente estarem em diferentes gerações clonais, apresentando comportamentos distintos com relação a uma mesma característica.

Para as características massa fresca da parte aérea (MFA) e número de folhas (NF) há certa tendência, havendo um aumento nas duas características, com o avanço do tempo, em todos os genótipos amostrados. Principalmente para MFA, observa-se que todos os genótipos partem do mesmo ponto e têm um aumento gradativo ao longo das avaliações, não havendo

inversões nas suas colocações. Devem ser definidos os caracteres a serem selecionados e a pressão de seleção a ser aplicada, para não se correr o risco de se eliminarem materiais que deveriam ser mantidos na população (SILVA E PEREIRA, 2011). Dessa forma, é necessário o aprofundamento dos estudos para verificação de quais caracteres em batata-doce podem ser utilizados para seleção em gerações iniciais.

Como as correlações entre épocas foram muito pequenas ou inexistentes, decidiu-se por apresentar somente os resultados das correlações entre características referentes à terceira época de avaliação, ou seja, 180 dias. Os *biplots* das duas outras épocas (30 e 60 dias) foram colocados num anexo.

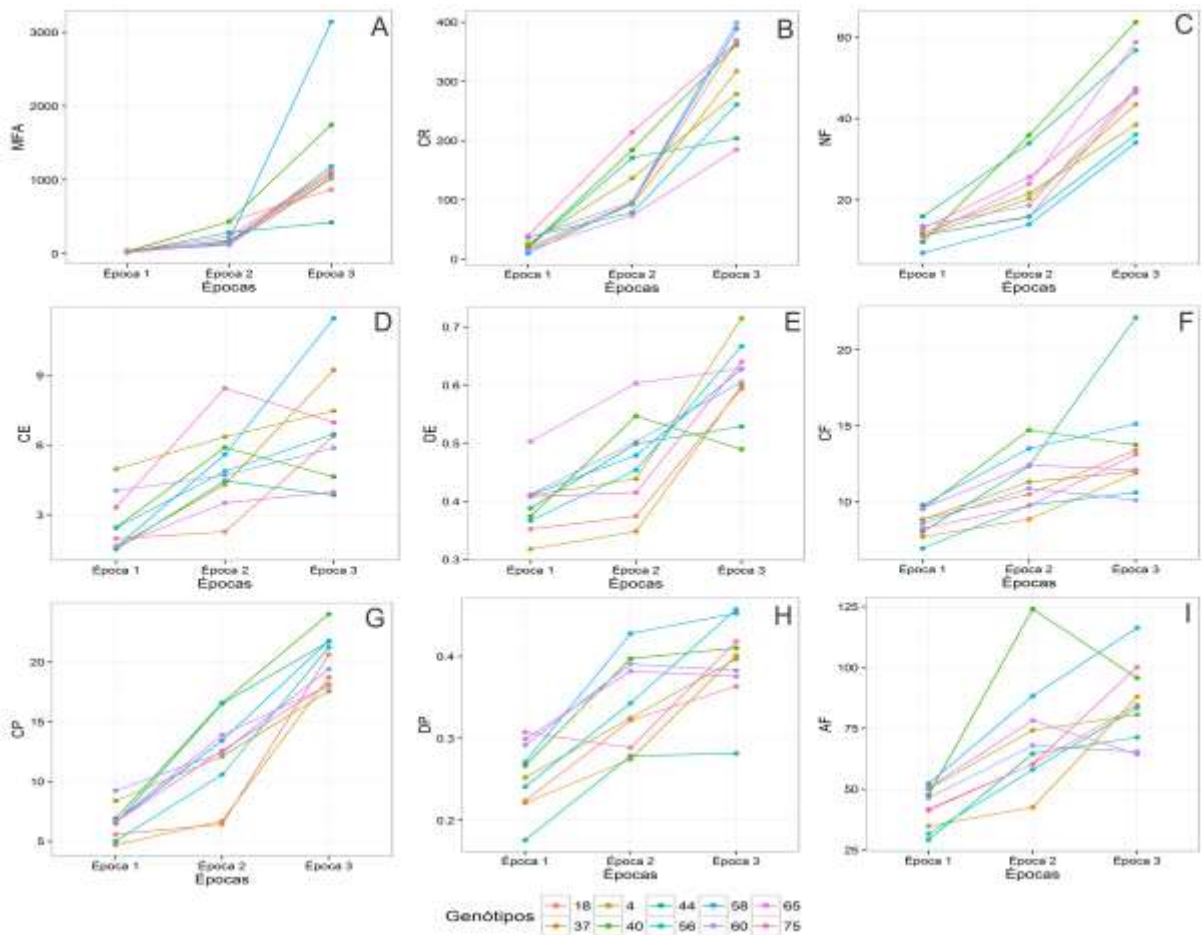


Figura 3 - Gráficos de *Interaction plot* apresentando o comportamento dos genótipos para cada característica avaliada: massa fresca da parte aérea (MFA); comprimento da rama (CR); comprimento do entrenó (CE); comprimento da folha (CF); comprimento do pecíolo (CP); diâmetro do entrenó (DE); diâmetro do pecíolo (DP); área foliar (AF) e número de folhas (NF), em três épocas de avaliação (30; 60 e 180 dias)

2.3.2.2 Correlações entre características

Para a terceira época de avaliação, referente aos 180 dias após o plantio, o gráfico GGE Biplot de nove características da parte aérea da batata-doce demonstrou que os dois

primeiros componentes principais (PC1 e PC2) explicaram 62,18% da variância total (Figura 4). Na análise GGE Biplot o tamanho do vetor dos ambientes tem a função de mensurar a capacidade de discriminação dos ambientes. Vetores maiores indicam que as características têm maior capacidade de discriminação dos genótipos. Em contrapartida vetores menores podem ou não indicar que as características conseguem discriminar de forma satisfatória os materiais. Isso depende de quanto da variação contida na matriz original é explicada pelo biplot (YAN e TIKER, 2006).

Dessa forma, a característica CR foi a que apresentou o maior vetor, seguida pela característica CE; porém, outras características se destacaram nessa época como MFA, DP, DE e AF, mostrando-se também com alto poder discriminante. Aos 180 dias foi avaliada também a característica rendimento (REND), que se mostrou menos discriminante que a maioria das avaliadas. A característica NB foi a que se mostrou com menor poder discriminante.

O comprimento do entrenó é uma característica importante no manejo das ramas-semente na ocasião do plantio. Os entrenós podem ser classificados como muito curtos, curtos ou longos (HUAMÁN, 1991). Quanto menor o comprimento do entrenó, melhor este será para o plantio, pois a rama-semente terá um menor tamanho e maior número de nós, sendo que em cada nó, há a formação de raízes e assim aumentará a chance de pegamento das ramas após o plantio. Além disso, há a possibilidade de se retirar maior quantidade de ramas-semente de uma determinada rama.

A distinção entre os genótipos é muito fácil de ser feita, levando-se em consideração principalmente o DE e a AF. Essas são características de fácil mensuração e têm implicação prática na seleção de genótipos superiores. As ramas classificadas como finas apresentam vantagem quanto à não preferência da broca da rama ou broca do coleto (*Megastes pusialis* Snellen), pois estas não conseguem completar seu ciclo no interior das ramas, uma vez que o diâmetro é insuficiente para a formação dos casulos (SILVA et al., 2004). Em contrapartida, resultados obtidos em pessegueiro indicaram que estacas com maior diâmetro apresentam maior percentual de brotação, devido à maior disponibilidade de reservas, o que favorece a emissão de brotos (TOFANELLI et al. 2003).

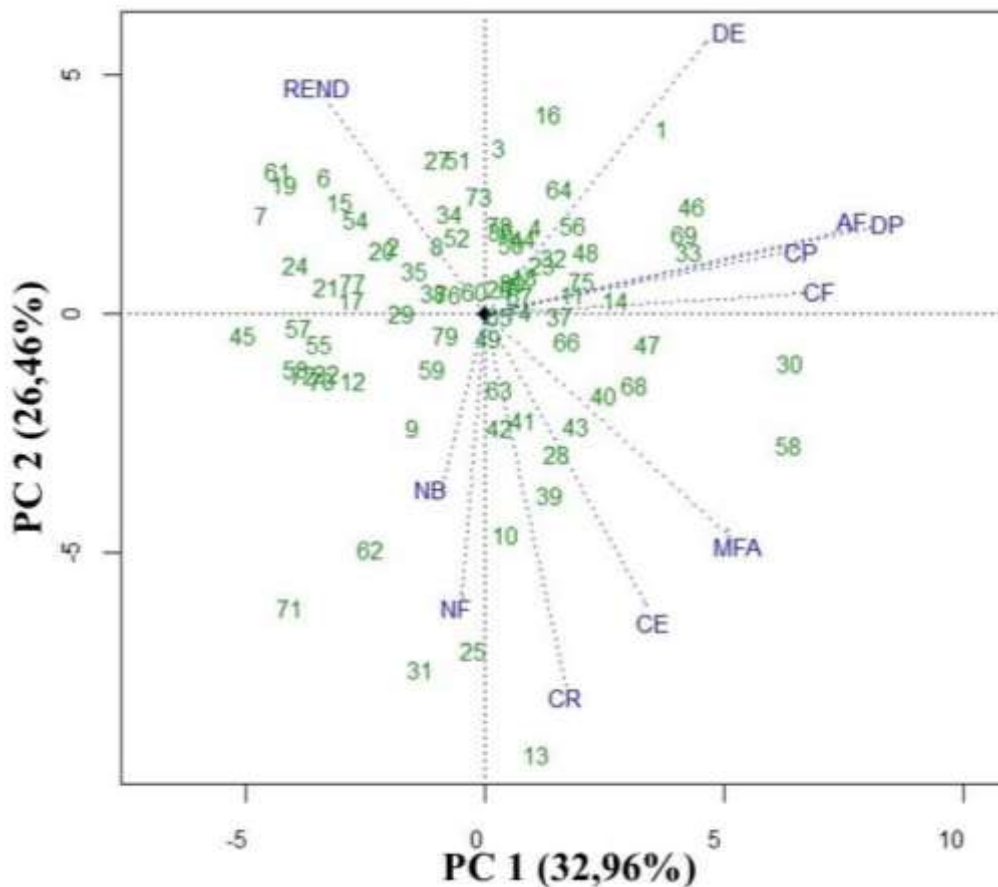


Figura 4 - Análise GGE Biplot da relação entre 80 genótipos de batata-doce e características vegetativas avaliadas aos 180 dias após o plantio. Características avaliadas: massa fresca da parte aérea (MFA); comprimento da rama (CR); comprimento do entrenó (CE); comprimento da folha (CF); comprimento do pecíolo (CP); diâmetro do entrenó (DE); diâmetro do pecíolo (DP); área foliar (AF); número de folhas (NF); número de brotos (NB) e rendimento (REND).

Com relação à influência da área foliar, a produção de raiz tuberosa é função da capacidade de dreno e do potencial da fonte (CONCEIÇÃO et al., 2004). Dessa forma, a área foliar (fonte) é fator determinante da produção, pois sua redução implica menor absorção de energia radiante e fotossíntese menos intensa reduzindo-se, assim, a produção de biomassa (OLIVEIRA et al., 2010). A produtividade está relacionada à manutenção da área fotossintetizante durante o período de crescimento da parte de interesse comercial (LENIS et al., 2006). Em mandioca, o crescimento satisfatório das estruturas vegetativas levou ao maior acúmulo de fotoassimilados nas raízes tuberosas, aumentando a sua produtividade (Sagrilo et al., 2002). Essas observações podem ser estendidas também à característica MFA, pois a área foliar está diretamente relacionada a ela.

Outra análise que pode ser feita pela observação do gráfico GGE Biplot é a correlação entre quaisquer duas características. Esse coeficiente é aproximadamente o cosseno do ângulo entre os vetores r : $\cos 180^\circ = -1$; $\cos 0^\circ = 1$ e $\cos 90^\circ = 0$ (YAN e RAJCAN, 2002). Aos 180 dias, observa-se que houve alta correlação positiva entre DP e CP, CP e AF, e DP e AF.

Correlações negativas foram observadas entre DE e NB; DE e NF, além de DE e CE. Um resultado interessante que pode ser visualizado é que a característica REND se correlacionou muito pouco com algumas características, enquanto que com outras, como MFA, CE e CR, a correlação foi negativa (Figura 5).

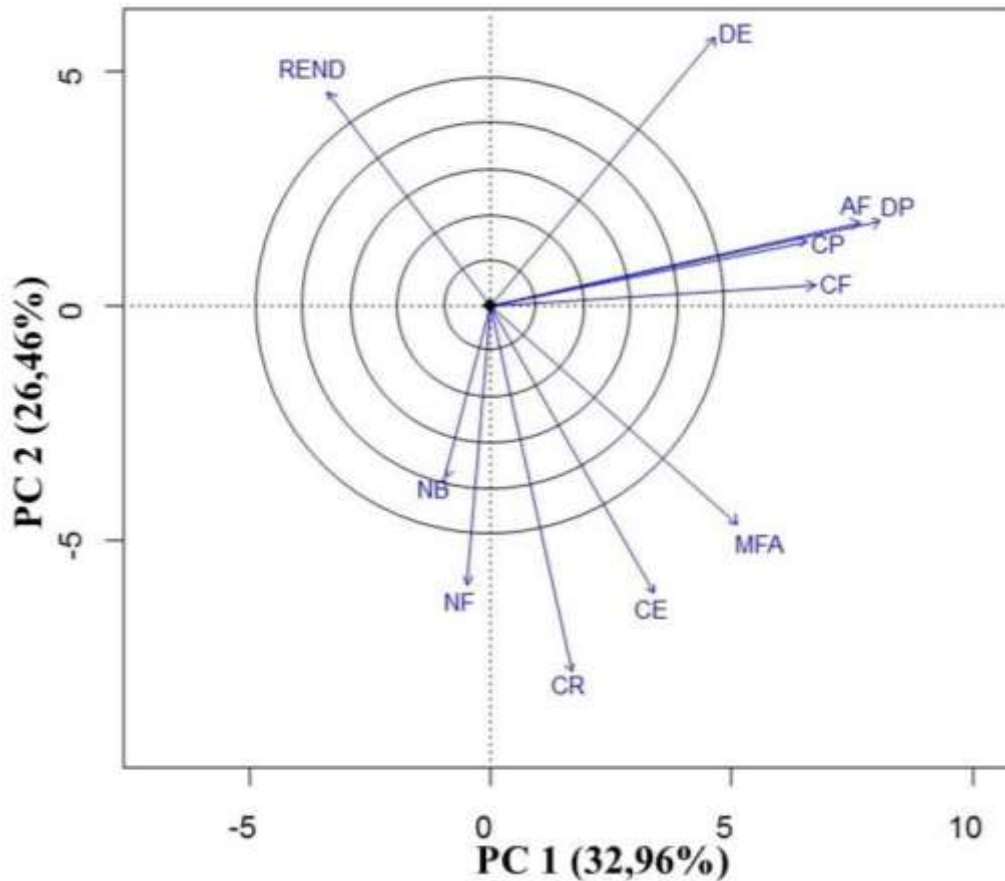


Figura 5 - Gráfico GGE Biplot das correlações entre variáveis em batata-doce, avaliadas aos 180 dias após o plantio. Características avaliadas: massa fresca da parte aérea (MFA); comprimento da rama (CR); comprimento do entrenó (CE); comprimento da folha (CF); comprimento do pecíolo (CP); diâmetro do entrenó (DE); diâmetro do pecíolo (DP); área foliar (AF); número de folhas (NF); número de brotos (NB) e rendimento (REND).

Essa correlação negativa pode ser explicada pelo fato de que, na fase inicial de desenvolvimento vegetal, as folhas e caules funcionam como drenos metabólicos preferenciais. À medida que a planta vai se desenvolvendo com o aparecimento e crescimento das raízes tuberosas, os drenos passam a ser essas raízes de forma acentuada e definitiva (SPENCE, HUMPHRIES, 1972). Aos 60 dias após o plantio, houve uma redução acentuada no acúmulo de matéria seca tanto das folhas quanto do caule em batata-doce devido à alta capacidade mobilizadora das raízes tuberosas (CONCEIÇÃO et al., 2004). Medeiros et al. (1990), em dois cultivares de batata-doce, verificaram que valores máximos de matéria seca

foliar foram atingidos no intervalo de 75 a 105 dias após o plantio; a partir desse período houve uma redução na matéria seca da parte aérea.

A variável rendimento (REND) é de importância central, pois é um indicativo de produtividade; já as outras características que foram avaliadas no presente experimento são consideradas variáveis secundárias e pode-se não encontrar correlações entre alguma delas. Porém, a seleção dos componentes secundários com o objetivo de se obterem ganhos genéticos nos componentes primários pode ser uma boa estratégia de melhoramento genético, pois os componentes secundários são geralmente menos complexos e tem maiores valores de herdabilidade e podem algumas vezes ser mais fáceis de identificar ou mensurar (CRUZ; REGAZZI, 1994).

Pelos resultados descritos, observa-se que as análises GGE Biplot foram eficientes para detectar correlações entre as características morfológicas em batata-doce que já foram detectadas através de outros métodos de avaliação. A metodologia GGE Biplot foi utilizada para avaliar as correlações entre algumas características da parte aérea em amendoim e se mostrou bastante eficiente (CHEN et al., 2009), o que também foi verificado com o uso de GGE Biplot para avaliar as interrelações entre caracteres relevantes para o melhoramento em soja (YAN E RAJCAN, 2002). Resultados igualmente satisfatórios foram encontrados na avaliação dos caracteres relacionados à produtividade em melão, ratificando a importância da utilização da técnica GGE Biplot (Dehghani et al., 2012).

Existem poucos trabalhos na literatura sobre esse assunto, e com batata-doce o número é ainda menor, mas algumas culturas se comportam de forma semelhante, quando se utilizam outras metodologias para estimar as correlações, e esses estudos foram utilizados para compor as discussões do presente trabalho. Em moranga, ao se estudarem caracteres morfoagronômicos, verificaram-se correlações positivas entre comprimento da rama principal e comprimento do entrenó (Amaral Júnior et al., 1994), similarmente ao que foi observado em batata-doce. Isto significa que a seleção para aumento da média de um caráter provocará modificações na média do outro, no mesmo sentido. Dessa forma, se selecionarmos plantas baseando-se no comprimento da rama principal automaticamente estaremos selecionando também para comprimento do entrenó que é uma característica muito importante no momento do plantio dessa espécie.

No que se refere às correlações entre comprimento do pecíolo (CP) e comprimento da folha (CF), foi encontrada ausência de correlação entre essas características, numa avaliação do desempenho agrônômico de genótipos de couve (Azevedo et al., 2012), resultados diferentes dos encontrados no presente trabalho. Em compensação, as correlações entre

comprimento de planta com comprimento e diâmetro de pecíolo não foram significativas, similarmente ao que foi observado em batata-doce.

Diversos trabalhos têm apresentado correlações positivas entre CP e DP. Em maracujazeiro amarelo, Oliveira et al. (2011) encontraram alta correlação positiva (84%) entre essas duas variáveis, que estão relacionadas positivamente com a espessura da casca do fruto e menor rendimento de polpa; portanto, essas observações são extremamente importantes para o melhorista direcionar a seleção de plantas.

Havendo correlação entre as características, pode-se selecionar para uma e conseqüentemente realizar a seleção para outra, o que se torna muito favorável para o melhorista, não havendo necessidade de se esperar até que os genótipos atinjam determinada idade. Mas mesmo sem a existência de correlação, a possibilidade de se conhecer o momento correto para seleção é algo fortemente almejado e imprescindível para que o programa de melhoramento como um todo possa ser realizado de forma mais eficiente.

2.3.2.3 Biplot quem-venceu-onde

Na figura 6, os genótipos que se localizaram nos vértices do polígono formado, são classificados como os mais responsivos, pois se caracterizam por terem a maior distância da origem de todos os genótipos dentro do setor delimitado por ele. Os genótipos que se localizam dentro do polígono foram menos responsivos para as características localizadas dentro dos setores. A análise é completada por retas tracejadas que têm origem no centro do *biplot* e são perpendiculares a cada um dos lados do polígono. Assim, a delimitação de uma seção é feita por duas retas adjacentes, e compreende, além do genótipo vértice, um conjunto de genótipos ou variáveis. Para o conjunto de variáveis dessa seção, o melhor genótipo é o genótipo vértice da seção (SILVA et al., 2007).

Aos 180 dias, os genótipos localizados nos vértices foram 16, 1, 30, 58 e 13 (escores positivos) e 71, 45 e 61 (escores negativos). Com a conexão dos marcadores desses genótipos situados nos extremos, obtém-se a formação do polígono. Os genótipos 16 e 1 se destacaram para a característica DE, o 61 se destacou para REND e o 13 se destacou para cinco variáveis, sendo elas: NB, NF, CR, CE e MFA. Assim como o genótipo 13, vários outros se encontram na seção que compreende essas características.

Além do genótipo 61, outros 14 se destacaram para a característica “REND”. Esses resultados são muito interessantes, pois abrem portas para estudos posteriores visando o melhoramento genético da espécie. Genótipos com maior rendimento, conseqüentemente, apresentam-se mais produtivos, e essa maior produtividade aliada às características desejáveis

da raiz tuberosa formam um conjunto de atributos favoráveis à seleção de materiais superiores que podem ser utilizados como potenciais genitores.

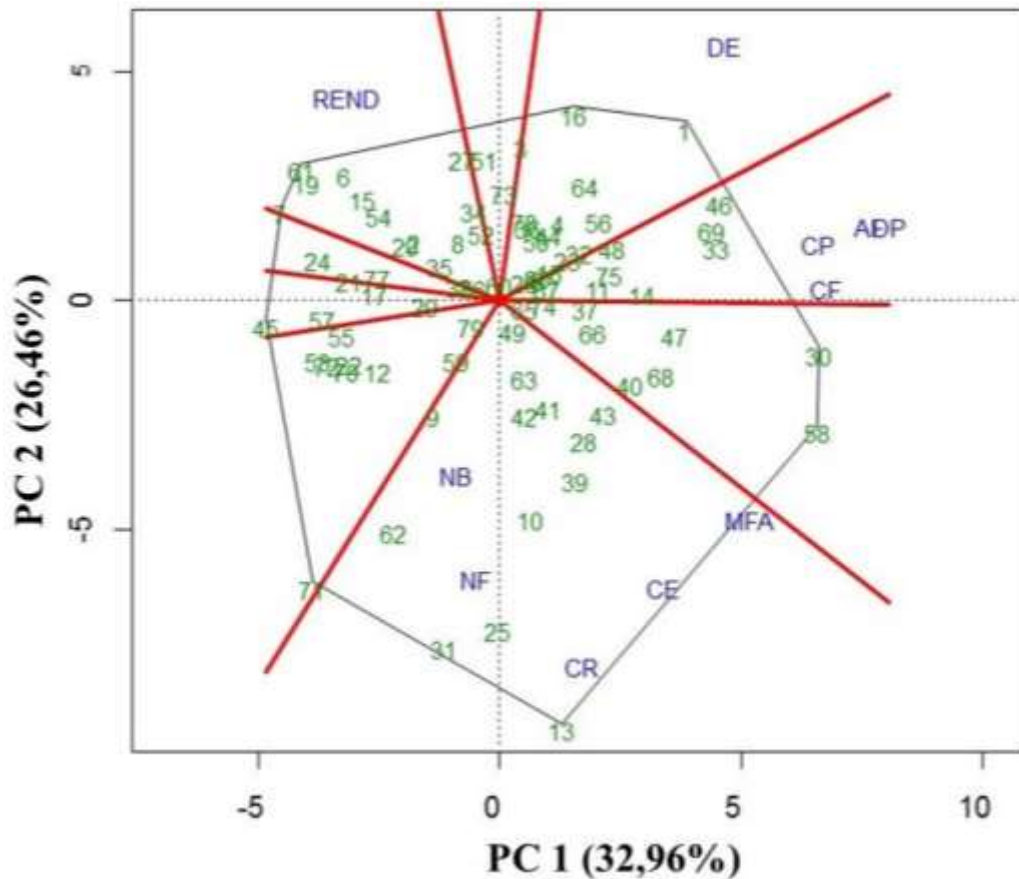


Figura 6 - Análise GGE Biplot (Quem-venceu-onde), mostrando o polígono formado entre os genótipos e a correlação com as características vegetativas de batata-doce, avaliadas aos 180 dias após o plantio. Características avaliadas: massa fresca da parte aérea (MFA); comprimento da rama (CR); comprimento do entrenó (CE); comprimento da folha (CF); comprimento do pecíolo (CP); diâmetro do entrenó (DE); diâmetro do pecíolo (DP); área foliar (AF); número de folhas (NF); número de brotos (NB) e rendimento (REND).

2.4 Considerações finais

Pelos resultados apresentados, sugere-se a não utilização da seleção precoce em batata-doce, visto que os genótipos apresentaram comportamentos distintos nas diferentes épocas de avaliação, o que inviabiliza a aplicação dessa técnica.

Várias características se correlacionaram, indicando que é possível a realização de seleção indireta baseando-se nas associações entre ambas.

A característica rendimento (REND), que é um indicativo de produtividade, apresentou baixa correlação com algumas características e correlação negativa com MFA, CE e CR.

Referências

- AMARAL JÚNIOR, A.T.; CASALI, V.W.D.; CRUZ, C.D.; SILVA, D.J.H.; SILVA, L.F.C. Estimativas de correlações fenotípicas, genotípicas e de ambiente entre sete caracteres morfoagronômicos em oito acessos de moranga. **Bragantia**, Campinas, v.53, p. 163-166, 1994.
- AZEVEDO, A.M.; ANDRADE JÚNIOR, V.C.; PEDROSA, C.E.; FERNANDES, J.S.C.; VALADARES, N.R.; FERREIRA, M.A.M.; MARTINS, R.A.V. Desempenho agrônômico e variabilidade genética em genótipos de couve. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v. 47, n. 12, p. 1751-1758, 2012.
- BRIEN, C. Asremlplus: Augments the use of ‘Asreml’ in fitting mixed models, 2016. Disponível em: < <http://chris.brien.name/rpackages/asremlPlus-manual.pdf> >. Acesso 08 jun. 2016.
- BUTLER, D.G.; CULLIS, B.R.; GILMOUR, A.R.; GOGEL, B.J. ASReML-R reference manual release,” Technical report, department of primary industries and fisheries, The state of Queensland, 2007. Disponível em: < <https://www.vsni.co.uk/downloads/asreml/release2/doc/asreml-R.pdf> >. Acesso 08 nov. 2015.
- CHEN S.L.; LI Y.R.; CHENG, Z.S.; LIU, J.S. GGE Biplot Analysis of effects of planting density on growth and yield components of high oil peanut. **Acta Agronomica Sinica**, Netherlands, v. 35, p. 1328–1, 335, 2009.
- CONCEIÇÃO, M.K.; LOPES, N.F.; FORTES, G.R.L. Partição de matéria seca entre órgãos de batata-doce (*Ipomoea batatas* (L.) Lam.), cultivares Abóbora e Da Costa. **Revista Brasileira de Agrociências**, Pelotas, v. 10, p. 313-316, 2004.
- CRUZ, C.D.; REGAZZI, A.J. **Modelos biométricos aplicados ao melhoramento genético**. Viçosa: UFV, 1994. 390p.
- DEGHANI, H.; FEYZIAN, E.; JALALI, M.; REZAI, A. DANE, F. Use of GGE biplot methodology for genetic analysis of yield and related traits in melon (*Cucumis melo* L.). **Canadian Journal of Plant Science**, Ottawa, v.92, p. 77-85, 2012.
- FAN, X.; KANG, M.S.; CHEN, H.; ZHANG, Y.; TAN, J.; XU, C. Yield stability of maize hybrids evaluated in multi-environment trials in Yunnan, China. **Agronomy Journal**, Madison, v. 99, p. 220-228, 2007.
- FRUTOS, E.; GALINDO, M.P.; LEIVA, V. An interactive biplot implementation in R for modeling genotype-by-environment interaction. **Stochastic Environmental Research and Risk Assessment**, Berlin, v. 28, p. 1629-1641, 2013.
- HUAMAN, Z. **Descriptors for sweet potato**. Rome: International Board for Plant Genetic Resources, 1991. 133p.
- LEBOT, V. **Tropical Root and Tuber Crops: cassava, sweet potato, yams and aroids**. Crop Production Science in Horticulture. Oxfordshire: CABI, 2009. 413p.

- LENIS, J.I.; CALLE, F.; JARAMILLO, G.; PEREZ, J.C.; CEBALLOS, H.; COCK, J.H. Leaf retention and cassava productivity. **Field Crops Research**, Amsterdam, v. **95**, p.126-134, 2006.
- MA, B.L.; YAN, W.; DWYER, L.M.; FRÉGEAU-REID, J.; VOLDENG, H.D.; DION, Y.; NASS, H. Graphic analyses os genotype, environment, nitrogen fertilizer, and their interactions on spring wheat yield. **Agronomy Journal**, Madison, v. **96**, p. 169-180, 2004.
- MEDEIROS, J.G.; PEREIRA, W. ; MIRANDA, J.E.C. Análise de crescimento em duas cultivares de batata-doce (*Ipomoea batatas* (L.) Lam.). **Revista Brasileira de Fisiologia Vegetal**, Londrina, v.2, n.2, p. 23-29, 1990.
- OLIVEIRA, A.C.B.; SEDIYAMA, M.A.N; SEDIYAMA, T.; CRUZ, C.D. Avaliação da divergência genética em batata-doce por procedimentos multivariados. **Acta Scientiarum Agronomy**, Maringá, v. **22**, p. 895-900, 2000.
- OLIVEIRA, E.J.; SANTOS, V.S.; LIMA, D.S.; MACHADO, M.D.; LUCENA, R.S.; MOTTA, T.B.N. Estimativas de correlações genotípicas e fenotípicas em germoplasma de maracujazeiro, **Bragantia**, Campinas, v. **70**, n. 2, p. 255-261, 2011.
- OLIVEIRA, S.P.; VIANA, A.E.S.V.; MATSUMOTO, S.N.; JÚNIO, N.S.C.; SÃO JOSÉ, T.S.A.R. Efeito da poda e de épocas de colheita sobre características agronômicas da mandioca. **Acta Scientiarum Agronomy**, Maringá, v. **32**, p. 99-108, 2010.
- RESENDE, M.D.V. **Genética biométrica e estatística no melhoramento de plantas perenes**. Brasília: Ed. Embrapa informação tecnológica, 2002. 975p.
- SAGRILO, E.; VIDIGAL-FILHO, P.S.; PEQUENO, M.G.; SCAPIM, C.A.; GONÇALVES-VIDIGAL, M.C.; MAIA, R.R.; KVITSCHAL, M.V. Efeito da época de colheita no crescimento vegetativo, na produtividade e na qualidade de raízes de três cultivares de mandioca. **Bragantia**, Campinas, v. **61**, p. 115-125, 2002.
- SILVA, J.B.C.; LOPES, C.A.J.; MAGALHÃES, J.S. **Cultura da batata-doce**. Embrapa Hortaliças: Sistemas de Produção 6, versão eletrônica, 2004. Disponível em: <<http://www.cnph.embrapa.br/sistprod/batatadoce/autores.htm>>. Acesso em: 27 jan. 2016.
- SILVA, G.O.; PEREIRA, A.S. Seleção em gerações iniciais para caracteres agronômicos em batata. **Horticultura Brasileira**, Brasília, v. **29**, n. 4, p. 499-455, 2011.
- SILVA, L; VELLO, N.A.; SILVA, V. A análise gráfica biplot no estudo das relações entre genótipos e caracteres em aveia branca In: CONGRESSO BRASILEIRO DE GENÉTICA, 53., 2007. . Águas de Lindóia- SP, 2007. **Resumo...** Águas de Lindóia- SP, 2007.p. 35.
- SOMASUNDARAM, K.; MITHRA, V.S. Madhuram: A simulation model for sweet potato growth. **World Journal of Agricultural Sciences**, Pakistan, v.4, p.241-254, 2008.
- SPENCE, J. A.; HUMPHRIES, E. C. Effect of moisture supply, root temperature, and growth regulators on photosynthesis of isolated root leaves in sweet potato (*Ipomoea batatas*). **Annals of Botany**, London, v. **36**, n.144, p. 115-121, 1972.

TOFANELLI, M.B.D. Enraizamento de estacas lenhosas de pessegueiro cv. Okinawa em diferentes diâmetros de ramos, substratos e recipientes. **Ciência Rural**, Santa Maria, v. **33**, p. 437-442, 2003.

YAN, W.; CORNELIUS, P.L.; CROSSA, J.; HUNT, L.A. Two types of GGE biplots for analyzing multi-environment trial data. **Crop Science**, Madison, v. **41**, p. 656-663, 2001.

YAN, W.; RAJCAN, I. Biplot analysis of test sites and trait relations of soybean in Ontario. **Crop Science**, Madison, v. **42**, p. 11-20, 2002.

YAN, W.; TINKER, A. Biplot analysis of multi-environment trial data: principles and applications. **Canadian Journal of Plant Science**, Ottawa, v. **86**, n. 3, p. 623-645, 2006.

3 AVALIAÇÃO DOS CARACTERES RELACIONADOS À PRODUÇÃO E ESTIMATIVA DO TEOR DE AMIDO EM BATATA-DOCE [*Ipomoea batatas* (L.) Lam.].

Resumo

A batata-doce é uma das espécies alimentícias mais importantes do mundo, pois possui diversos usos da dieta dos seres humanos, sendo rica em vitaminas, sais minerais e fibras, além de algumas variedades possuírem alta concentração de carotenóides e antocianinas. Nos últimos tempos, a batata-doce tem se destacado como matéria prima para a produção de etanol, devido ao seu alto teor de amido nas raízes. Por esses diversos motivos, a identificação de genótipos produtivos e que se destacam na concentração de amido tem sido objeto dos programas de melhoramento. Dessa forma, o objetivo do presente estudo foi caracterizar os genótipos de batata-doce com base na produtividade e teor de amido. Nesta fase, o experimento foi realizado no campo experimental do departamento de Genética da Esalq/USP, utilizando-se 80 genótipos, pertencentes à coleção de trabalho do Laboratório de Evolução, Depto. de Genética, ESALQ, USP, provenientes das regiões do Vale do Ribeira e do Litoral Norte – SP. O experimento foi delineado em blocos ao acaso com três repetições e 15 plantas por parcela e as avaliações foram realizadas aos 180 dias após o plantio. Foram avaliadas características relacionadas às raízes tuberosas (peso, comprimento e diâmetro), bem como a produtividade, levando-se em consideração o peso total da parcela. Para as análises do teor de amido, as raízes foram lavadas, secadas, trituradas e submetidas ao método enzimático 996.11 (AOAC, 2005). Verificou-se que a produtividade da batata-doce variou de 11 a 86 t.ha⁻¹. Dos 80 genótipos avaliados, 71% superaram a média de produtividade da cultura, que pode chegar a cerca de 50 t.ha⁻¹. Cerca de 13,7% dos genótipos tiveram produtividades entre 40 e 50 t.ha⁻¹ e os restantes alcançaram produtividades inferiores a 40 t.ha⁻¹, sendo que apenas duas (2,5%) tiveram produtividade inferior a 20 t.ha⁻¹. Com relação ao comprimento das raízes tuberosas, este variou de 10,86 a 31,01 cm e o diâmetro variou de 4,59 a 10,8 cm. Com relação ao teor de amido em base seca, as porcentagens variaram de 48,3 a 71,8%. Houve a formação de 10 grupos que diferiram estatisticamente entre si. Os genótipos 12 e 79 foram os que apresentaram maior porcentagem de amido em base seca (71,8 e 71,5% respectivamente), diferindo estatisticamente dos demais. E os genótipos 7, 26 e 63 apresentaram os menores valores (50,3; 48,7 e 48,3%, respectivamente) e formaram um grupo à parte. Portanto, existem genótipos com elevado potencial produtivo e que apresentaram características comerciais desejáveis, alguns genótipos tendo apresentado teor elevado de amido, o que possibilita a sua utilização para a produção de etanol.

Palavras-chave: Produtividade; Raízes tuberosas; Qualidade; Aspectos desejáveis

Abstract

The sweet potato is one of the most important food species in the world, as it has many uses in the human diet, being rich in vitamins, minerals, fiber, some varieties having high concentration of carotenoids and anthocyanins. In recent times the sweet potato has emerged as raw material for ethanol production, because of its high starch content in the roots. For these various reasons, the identification of productive genotypes with high starch concentration has been the object of breeding programs. Thus, the objective of this study was to characterize a collection of sweet potato genotypes based on yield and starch content. At this stage the experiment was conducted in the experimental field of the Genetics Department of ESALQ / USP, using 80 genotypes belonging to the germplasm bank of the same

university, from the regions of Ribeira Valley and the North Coast - SP. The experiment was designed in randomized blocks with three replications and 15 plants per plot; evaluations were carried out 180 days after planting. The characteristics evaluated were related to tuberous roots (weight, length and diameter) and the productivity, taking into consideration the total weight of the plot. For the starch analyses, the roots were washed, dried, crushed and subjected to the enzymatic method 996.11 (AOAC 2005). The productivity of sweet potato ranged from 11-86 t.ha⁻¹. Of the 80 evaluated genotypes, 71% exceeded the average crop yield, which can reach about 50 t.ha⁻¹. Productivities of 40 and 50 t.ha⁻¹ were observed in 13.7% of genotypes and the remainder has achieved productivities lower than 40 t.ha⁻¹, and only two (2.5%) had productivities lower than 20 t.ha⁻¹. The length of tuberous roots ranged from 10.86 to 31.01 cm and the diameter ranged from 4.59 to 10.8 cm. With regard to the starch on a dry basis, the percentages ranged from 48.3 to 71.8%. Ten statistically different groups were formed. Genotypes 12 and 79 showed the highest percentage of starch on a dry basis (71.8 and 71.5% respectively), statistically different from the others. And genotypes 7, 26 and 63 had the lowest values (50.3, 48.7 and 48.3%, respectively) and formed a separate group. Therefore, there are genotypes with high productive potential that showed desirable commercial characteristics, some genotypes having presented high content of starch, which allows their use for ethanol production.

Keywords: Productivity; Tuberous roots; Quality; Desirable aspects

3.1 Introdução

A batata-doce se caracteriza por ser uma cultura promissora para contribuir de distintas formas para a segurança alimentar do mundo, apresentando diversos usos que incluem o consumo de raízes frescas ou folhas para transformação em alimentação animal, e a produção de amido, farinha, macarrão, corantes naturais e doces (LEBOT, 2009). Em particular, é foco das cadeias de agroenergia (produção de álcool combustível), especialmente para os pequenos produtores. Essa classe é favorecida pelo fato de a cultura não necessitar de grandes áreas de cultivo. Além disso, demanda menores gastos na implantação da lavoura e apresenta alto rendimento, sendo cultivada na maioria das vezes em sistemas agrícolas com reduzida utilização de insumos (CASTRO e EMYGDIO, 2009).

O amido da batata-doce é uma excelente matéria prima para a produção de etanol (SANTANA, 2013). E essa produção através da fermentação de substratos amiláceos vem sendo objetivo de diversas pesquisas que buscam o aperfeiçoamento na conversão desses materiais de uma forma mais rápida e com custos reduzidos (SALLA, 2010). Pesquisas realizadas pela Universidade Federal do Tocantins indicam rendimentos que variam de 120 a 199 litros de etanol por tonelada de raiz de batata-doce (SILVEIRA, 2008). Os clones avaliados apresentaram produtividade entre 32,17 e 65,50 toneladas por hectare, valores bem

superiores à média nacional, o que indica a viabilidade de utilização da batata-doce nos estudos para a produção de etanol (TAVARES et al., 2007).

Essa espécie também é rica em vitaminas B, C e E, além de sais minerais, fibra dietética, açúcares solúveis, alta concentração de caroteno (presente naquelas que apresentam polpa alaranjada) e antocianinas (presente nas de polpa roxa) (KIM et al., 2012; XU et al., 2015). Nos últimos anos, notou-se o aumento no interesse pelos carotenóides, já que eles se apresentam como agentes de prevenção do câncer e inibidores de úlcera, doenças oculares e de ataques cardíacos (KRINSKY e JOHNSON, 2005). As antocianinas são flavonóides que apresentam excelentes propriedades biológicas, devido à sua capacidade de inibir a proliferação celular, interrupção do ciclo celular e apoptose em células cancerígenas específicas e atividades antioxidantes, antiinflamatórias e antialérgicas (BIRT et al., 2001).

Existe uma grande variabilidade de genótipos espalhados em todo o território brasileiro, o que se deve principalmente ao seu elevado nível de ploidia, havendo a necessidade da preservação e estudos para contribuir com futuros programas de melhoramento (BORGES et al., 2009; DAROS et al., 2002). Muitas vezes uma mesma cultivar recebe distintos nomes em diferentes regiões, ou até mesmo diferentes cultivares recebem o mesmo nome em uma determinada região, camuflando materiais de diferentes constituições genéticas (CARDOSO et al., 2005). Essa falta de caracterização correta é um entrave para o avanço das pesquisas em melhoramento genético da espécie, pois variedades promissoras podem estar sendo negligenciadas. Dessa forma, torna-se imprescindível a avaliação de genótipos de batata-doce para que essa variabilidade possa ser utilizada para o desenvolvimento de novas cultivares (MASSAROTO, 2014).

É constante a busca por novas variedades que atendam às diversas finalidades de uso, tanto para mesa, quanto para indústria. Dessa forma, os programas de melhoramento existentes no Brasil visam à seleção de clones com elevado potencial produtivo e com elevada produção de amido, bem como à melhoria da aparência das raízes tuberosas e à resistência a doenças fúngicas e viróticas, e ao ataque de insetos praga (SILVEIRA et al., 2008). Dessa forma, o objetivo do presente trabalho foi caracterizar os genótipos de batata-doce com base na produtividade e no teor de amido.

3.2. Material e Métodos

Os experimentos foram conduzidos na Área Experimental do Departamento de Genética, pertencente à Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiróz”, Universidade de São Paulo - ESALQ/USP, localizada no município de Piracicaba – SP, nas seguintes

coordenadas: Latitude 22°43'30" sul e Longitude 47°38'00" oeste, altitude de 546 metros, no período de agosto de 2013 a fevereiro de 2014.

Cerca de seis meses antes da implantação do experimento os genótipos foram multiplicados e as estacas de caule (ramas) foram retiradas dessas matrizes. Para tanto, as ramas foram coletadas medindo aproximadamente 30 cm de comprimento, com seis pares de gemas, e, após a remoção de suas folhas para evitar a perda excessiva de água, foram plantadas enterrando-se três pares de gemas para facilitar o enraizamento. Foram utilizadas apenas as ramas mais jovens e a porção utilizada foi o ápice. As ramas foram plantadas em leiras com 1,2 m de largura e 40 cm de altura, distanciadas entre si por 1,0 m, adubadas com a formulação NPK 4-14-8 na quantidade de 800 kg/ha e, 45 dias após o plantio, receberam adubação de cobertura com NPK 20-0-20. A unidade experimental foi constituída de 15 plantas de cada genótipo, com 0,3 m de espaçamento entre plantas. O experimento foi delineado em blocos ao acaso com três repetições.

No presente estudo foram utilizados 80 genótipos (Tabela 2). Foi realizado o plantio da bordadura, constituído de um único genótipo selecionado dentre os 80 integrantes do experimento. O experimento foi conduzido sob condições de irrigação por aspersão e a colheita, realizada seis meses após o plantio. Anteriormente à colheita, as ramas foram retiradas para que essas não atrapalhassem o procedimento. Após a colheita, todo o solo que se encontrava aderido às raízes foi removido e as raízes foram colocadas em sacos de ráfia. A produtividade foi obtida através da pesagem de todas as raízes de cada parcela para cada tratamento com auxílio de balança digital da marca Finlandek, modelo EB9033 e os resultados foram expressos em $t \cdot ha^{-1}$.

Para a avaliação dos caracteres produtivos relacionados às raízes tuberosas, foram contados o número de raízes comerciais, sendo consideradas todas as que apresentavam peso igual ou superior a 80 gramas, o número de raízes não comerciais, todas as que apresentavam peso inferior a 80 gramas, medido com o auxílio de uma balança eletrônica da marca Toledo, modelo 9094. Também foram medidos o comprimento das raízes, com uma fita métrica e o diâmetro das raízes, com um paquímetro digital 6", marca ZAAS Precision. Além disso, foi registrada a coloração da casca e da polpa.



Figura 7 - Genótipos de batata-doce plantados no campo experimental do Departamento de Genética da Esalq/USP. Plantio dos genótipos (A), genótipos após 30 dias do plantio (B), genótipos após 60 dias do plantio (C), vista geral do experimento após 180 dias do plantio (D).

3.2.1 Extração do amido

Para a análise do teor de amido presente nas raízes de batata-doce, foram pesadas 500 gramas de raízes frescas tomadas aleatoriamente dentro de cada parcela do experimento de campo. Essas raízes foram lavadas somente em água e raladas em um ralador utilizado na culinária tradicional. Após este procedimento, foram colocadas em bandejas separadas para secar ao sol e, em intervalos de duas horas, as batatas eram misturadas e homogeneizadas para que a secagem fosse uniforme.

Após a secagem ao sol, as batatas foram levadas à estufa de ventilação forçada da marca SP Labor, modelo SP-102/81 a 105°C até atingir peso constante. Terminado este procedimento, elas foram trituradas em moinho tipo Willye TE 650/1 da marca Tecnal, para fabricação da farinha. A farinha foi colocada em potes plásticos, fechados e armazenados em local fresco e seco.

Procedeu-se à análise de umidade das amostras com a utilização do medidor de umidade IV 3100 da marca Gehaka. Posteriormente, as amostras foram submetidas a análises do teor de amido, seguindo o método enzimático 996.11 (AOAC, 2005), com o uso do *kit total starch* (Amyloglucosidase/ α -Amylase Method, Megazyme, Irlanda).

Primeiramente, pesou-se cada amostra em duplicata em tubos de ensaio e adicionou-se 0,2 mL de etanol (80% v/v), agitando em vórtex. Após essa etapa, foram adicionados 3 mL de α -amilase e os tubos foram incubados em banho-maria por seis minutos, agitando-se a cada dois minutos. Posteriormente os tubos foram transferidos para outro banho-maria a 50° C e adicionou-se acetato de sódio, seguido pela amiloglucosidase (0,1 mL). Os tubos foram então agitados em vórtex e permaneceram incubados por 30 minutos.



Figura 8 - Etapas para obtenção da farinha de batata-doce. Corte das raízes tuberosas (A), secagem ao sol (B), recipiente para secagem em estufa (C), batatas secas prontas para trituração (D).

O conteúdo dos tubos de ensaio foi transferido para balões volumétricos de 100 mL e o volume foi ajustado com água destilada. As amostras foram homogeneizadas e uma alíquota foi centrifugada a 3000 rpm por 10 minutos. Após a centrifugação, foi transferido 0,1 mL da amostra para tubos de ensaio e adicionados 0,3 mL do reagente GOPOD em cada tubo,

inclusive no controle com D-glucose e na solução em branco (*Blank*), estes foram incubados em banho-maria a 50° C por 20 minutos. O controle D-Glucose consiste em 0,1 mL de D-glucose padrão (solução 1 mg/mL) e 3,0 mL de reagente GOPOD. A solução em branco consiste em 0,1 mL de água e 3,0 mL do reagente GOPOD.

Determinou-se a absorvância da coloração resultante da solução de cada tubo em espectrofotômetro a 510 nm (Modelo 600S marca Femto). O teor percentual de amido em base seca foi determinado utilizando a seguinte fórmula:

$$\% \text{ Amido (base seca)} = \% \text{ de Amido na base original} \times \frac{100\%}{100\% - \text{conteúdo de umidade (\%)}}$$

3.2.2 Análises estatísticas

A predição dos componentes de variância para cada característica de interesse agrônômico foi realizada considerando abordagem de modelos mistos REML/BLUP, considerando o seguinte modelo empregado para a análise de cada característica:

$$\mathbf{y} = \mathbf{X}\mathbf{r} + \mathbf{Z}\mathbf{u} + \mathbf{e}$$

em que \mathbf{y} é o vetor para cada característica; \mathbf{r} é o vetor do efeito de repetição, somado à média geral, considerado como fixo; \mathbf{u} é o vetor do efeito dos genótipos, e $u \sim N(0, U)$, sendo que $U = \mathbf{I}\sigma_u^2$; \mathbf{e} é o vetor do erro experimental, $\mathbf{e} \sim N(0, \boldsymbol{\epsilon})$, sendo $\boldsymbol{\epsilon} = \mathbf{I}\sigma^2$. \mathbf{X} , \mathbf{Z} são matrizes de incidência que relacionam os efeitos dos vetores independentes de cada matriz ao vetor dependente.

Para se verificar a significância do componente genético foi utilizado o teste de LRT (Teste de razão de verossimilhança). Após proceder à análise para cada característica, foi estimada a média BLUP de cada genótipo.

Foi efetuado o agrupamento de médias pelo teste de Scott-Knott (SCOTT e KNOTT, 1974) para todas as características de interesse agrônômico a 5% de significância, utilizando-se as médias BLUPS de cada material, com o auxílio do pacote *laercio* (LAERCIO, 2010) do *software* R (R CORE TEAM, 2014).

Com relação ao número de raízes comerciáveis, os dados não atenderam às pressuposições da análise de variância. Dessa forma, foi realizada a análise de Modelos Lineares Generalizados (MLG), sendo considerada a distribuição binomial para número de raízes (DEMÉTRIO; HINDE; MORAL, 2014).

3.3 Resultados e Discussão

3.3.1 Análises dos caracteres produtivos

A produtividade em batata-doce variou de 11 a 86 t.ha⁻¹, demonstrando que existe grande variabilidade entre os genótipos estudados (Tab. 4). Esses resultados são bastante satisfatórios, visto que, de 80 materiais avaliados, 57 deles, ou seja, 71%, superaram a média de produtividade da cultura, que pode chegar a cerca de 50 t.ha⁻¹ (CASTRO; OLIVEIRA, 2007). Um total de 11 genótipos (13,7%) obteve produtividade ente 40 e 50 t.ha⁻¹, que é considerado muito satisfatório e o restante alcançou produtividade inferior a 40 t.ha⁻¹ sendo que apenas duas (2,5%) tiveram produtividade inferior a 20 t.ha⁻¹.

Esses valores elevados de produtividade são surpreendentes porque o material estudado corresponde a genótipos que, de certa forma, não foram submetidos a métodos de melhoramento específicos para a cultura. Porém, correspondem a materiais que já são cultivados há bastante tempo pelos agricultores tradicionais e vêm sendo submetidos a seleção por eles por longos anos. Isso pode ter contribuído para o desempenho elevado desses materiais quando plantados e conduzidos adequadamente; dessa forma, os resultados podem estar relacionados ao manejo da cultura. O experimento foi conduzido seguindo as recomendações propostas por Filgueira (2006), sendo tomados todos os cuidados referentes às adubações adequadas e controle de pragas e doenças. Outro fator relevante também nesse caso é que o local utilizado para plantio apresentava um histórico de cultivo de outras hortaliças o que certamente contribuiu para um elevado nível de fertilidade.

Tabela 4 – Médias de Comprimento da raiz (Comp.); Diâmetro da raiz (Diâm.); Produtividade total em t/ha (Prod.) e Percentual de Amido (Amido) de 80 genótipos de batata-doce. Piracicaba, Esalq/USP, 2015.

| Genótipos | Continua... | | | | | | | | | | |
|-----------|-------------|---|------|------------|-------|---|--------------|---|--|-----------|--|
| | Comp. (cm) | | | Diâm. (cm) | | | Prod. (t/ha) | | | Amido (%) | |
| 1 | 21,39 | b | 5,70 | c | 52,86 | b | 62 | e | | | |
| 2 | 14,78 | d | 9,02 | a | 62,40 | b | 67 | c | | | |
| 3 | 18,61 | c | 5,63 | c | 58,98 | b | 62 | e | | | |
| 4 | 27,76 | a | 7,41 | a | 86,08 | a | 62 | e | | | |
| 5 | 23,62 | b | 7,76 | a | 73,99 | a | 63 | d | | | |
| 6 | 15,71 | d | 8,36 | a | 49,20 | c | 69 | b | | | |
| 7 | 22,76 | b | 7,53 | a | 77,66 | a | 50 | j | | | |
| 8 | 26,61 | a | 6,61 | b | 80,44 | a | 58 | f | | | |

Tabela 4 – Médias de Comprimento da raiz (Comp.); Diâmetro da raiz (Diâm.); Produtividade total em t/ha (Prod.) e Percentual de Amido (Amido) de 80 genótipos de batata-doce. Piracicaba, Esalq/USP, 2015.

| Genótipos | Continua... | | | | | | | |
|-----------|-------------|---|------------|---|--------------|---|-----------|---|
| | Comp. (cm) | | Diâm. (cm) | | Prod. (t/ha) | | Amido (%) | |
| 9 | 17,13 | c | 6,73 | b | 23,55 | d | 56 | g |
| 10 | 17,93 | c | 10,09 | a | 44,19 | c | 62 | e |
| 11 | 24,60 | a | 5,57 | c | 64,22 | b | 62 | e |
| 12 | 26,99 | a | 6,61 | b | 65,45 | b | 72 | a |
| 13 | 16,73 | c | 8,14 | a | 22,52 | d | 55 | h |
| 14 | 20,42 | c | 7,67 | a | 62,88 | b | 68 | c |
| 15 | 21,13 | b | 7,45 | a | 57,57 | b | 59 | f |
| 16 | 20,22 | c | 8,00 | a | 56,80 | b | 69 | b |
| 17 | 17,42 | c | 6,76 | b | 64,12 | b | 57 | g |
| 18 | 24,96 | a | 7,98 | a | 77,87 | a | 65 | d |
| 19 | 19,82 | c | 6,80 | b | 62,35 | b | 62 | e |
| 20 | 20,97 | b | 8,07 | a | 59,15 | b | 61 | e |
| 21 | 26,73 | a | 6,84 | b | 82,30 | a | 55 | h |
| 22 | 29,19 | a | 7,19 | a | 77,70 | a | 53 | i |
| 23 | 18,83 | c | 6,60 | b | 58,99 | b | 61 | e |
| 24 | 22,97 | b | 7,21 | a | 72,29 | a | 64 | d |
| 25 | 26,18 | a | 8,05 | a | 53,82 | b | 60 | e |
| 26 | 12,82 | d | 7,11 | b | 33,42 | d | 49 | j |
| 27 | 16,42 | c | 8,87 | a | 52,59 | b | 62 | e |
| 28 | 21,50 | b | 9,48 | a | 59,73 | b | 62 | e |
| 29 | 21,12 | b | 8,33 | a | 70,49 | a | 53 | i |
| 30 | 25,96 | a | 7,63 | a | 79,07 | a | 57 | g |
| 31 | 14,59 | d | 5,23 | c | 11,46 | d | 66 | c |
| 32 | 25,16 | a | 7,37 | a | 77,79 | a | 62 | e |
| 33 | 17,93 | c | 7,72 | a | 56,99 | b | 62 | e |
| 34 | 16,29 | c | 4,84 | c | 50,05 | c | 61 | e |
| 35 | 19,14 | c | 4,60 | c | 56,41 | b | 63 | d |
| 36 | 18,82 | c | 5,05 | c | 49,71 | c | 56 | g |
| 37 | 17,06 | c | 9,29 | a | 77,24 | a | 67 | c |
| 38 | 17,97 | c | 7,34 | a | 62,04 | b | 65 | d |

Tabela 4– Médias de Comprimento da raiz (Comp.); Diâmetro da raiz (Diâm.); Produtividade total em t/ha (Prod.) e Percentual de Amido (Amido) de 80 genótipos de batata-doce. Piracicaba, Esalq/USP, 2015.

| Genótipos | Continua... | | | | | | | |
|-----------|-------------|---|------------|---|--------------|---|-----------|---|
| | Comp. (cm) | | Diâm. (cm) | | Prod. (t/ha) | | Amido (%) | |
| 39 | 15,62 | d | 7,51 | a | 59,30 | b | 55 | h |
| 40 | 22,29 | b | 7,68 | a | 67,59 | a | 67 | c |
| 41 | 18,91 | c | 6,35 | b | 41,49 | c | 59 | f |
| 42 | 19,68 | c | 6,65 | b | 44,72 | c | 61 | e |
| 43 | 25,08 | a | 7,07 | b | 40,74 | c | 62 | e |
| 44 | 27,33 | a | 7,83 | a | 68,68 | a | 59 | f |
| 45 | 23,83 | b | 6,98 | b | 62,59 | b | 70 | b |
| 46 | 25,42 | a | 6,10 | b | 47,55 | c | 62 | e |
| 47 | 20,93 | b | 7,15 | a | 59,48 | b | 63 | d |
| 48 | 19,49 | c | 5,73 | c | 30,34 | d | 60 | f |
| 49 | 24,71 | a | 5,04 | c | 33,13 | d | 59 | f |
| 50 | 29,66 | a | 6,87 | b | 35,84 | c | 55 | h |
| 51 | 28,24 | a | 7,31 | a | 78,93 | a | 61 | e |
| 52 | 24,14 | b | 7,59 | a | 78,98 | a | 61 | e |
| 53 | 24,67 | a | 6,46 | b | 69,51 | a | 66 | c |
| 54 | 20,03 | c | 6,10 | b | 50,32 | c | 63 | d |
| 55 | 23,47 | b | 6,85 | b | 54,07 | b | 56 | g |
| 56 | 28,69 | a | 7,31 | a | 73,99 | a | 63 | d |
| 57 | 23,01 | b | 6,39 | b | 52,72 | b | 63 | d |
| 58 | 24,83 | a | 8,23 | a | 85,96 | a | 58 | g |
| 59 | 21,48 | b | 8,16 | a | 67,61 | a | 53 | i |
| 60 | 25,40 | a | 7,77 | a | 68,39 | a | 63 | d |
| 61 | 12,87 | d | 8,41 | a | 18,78 | d | 59 | f |
| 62 | 16,42 | c | 9,06 | a | 21,41 | d | 55 | h |
| 63 | 27,02 | a | 6,97 | b | 29,56 | d | 48 | j |
| 64 | 21,06 | b | 6,77 | b | 69,32 | a | 66 | c |
| 65 | 22,46 | b | 7,73 | a | 63,61 | b | 70 | b |
| 66 | 21,72 | b | 6,96 | b | 56,28 | b | 59 | f |
| 67 | 27,54 | a | 8,70 | a | 55,12 | b | 58 | f |

Tabela 4 – Médias de Comprimento da raiz (Comp.); Diâmetro da raiz (Diâm.); Produtividade total em t/ha (Prod.) e Percentual de Amido (Amido) de 80 genótipos de batata-doce. Piracicaba, Esalq/USP, 2015.

Continua...

| Genótipos | Comp. (cm) | | Diâm. (cm) | | Prod. (t/ha) | | Amido (%) | |
|-----------|------------|---|------------|---|--------------|---|-----------|---|
| 68 | 11,75 | d | 7,08 | b | 25,53 | d | 56 | h |
| 69 | 22,29 | b | 7,26 | a | 58,36 | b | 55 | h |
| 70 | 23,03 | b | 6,41 | b | 57,19 | b | 60 | f |
| 71 | 16,76 | c | 7,95 | a | 39,76 | c | 62 | e |
| 72 | 15,80 | d | 8,18 | a | 53,36 | b | 60 | f |
| 73 | 17,28 | c | 5,96 | c | 36,98 | c | 63 | d |
| 74 | 16,76 | c | 6,77 | b | 28,45 | d | 59 | f |
| 75 | 31,01 | a | 7,23 | a | 71,23 | a | 61 | e |
| 76 | 10,86 | d | 7,44 | a | 37,01 | c | 66 | c |
| 77 | 22,03 | b | 7,54 | a | 50,18 | c | 63 | d |
| 78 | 16,82 | c | 7,62 | a | 67,52 | a | 62 | e |
| 79 | 14,70 | d | 8,08 | a | 46,00 | c | 72 | a |
| 80 | 15,73 | d | 8,99 | a | 58,14 | b | 69 | b |
| CV % | 13,99 | | 14,16 | | 17,72 | | 2,41 | |

Médias seguidas da mesma letra não diferem entre si em nível de 5% de probabilidade pelo teste Scott-Knott.

O genótipo 4 se destacou, atingindo média de produtividade de 86,07 t.ha⁻¹, seguido pelos genótipos 58, 21 e 8, mas não houve diferença significativa entre eles e nem entre os genótipos 59, 40 e 78, que apresentaram médias de 67,61; 67,59 e 67,52 t.ha⁻¹, respectivamente. Porém, houve diferenças significativas entre esse grupo de genótipos e outros grupos, destacando-se os genótipos 61 e 31, que obtiveram médias inferiores a 20,00 t.ha⁻¹, mas, mesmo com essas médias, não diferiram significativamente de outro grupo formado por nove genótipos.

É interessante ressaltar que as cultivares Brazlândia Roxa, Rosada e Branca, bem como a cultivar Princesa e Coquinho, todas lançadas pela Embrapa Hortaliças, apresentam produtividade média de 25 a 30 t.ha⁻¹, porém vários autores observaram que alguns genótipos já conseguem ultrapassar a produtividade dessas variedades. A produtividade de Brazlândia Rosada, por exemplo, foi superada por dois clones avaliados para utilização na alimentação animal e qualidade das raízes para alimentação humana (ANDRADE JÚNIOR et al., 2012).

Resultados semelhantes foram encontrados por Azevedo et al. (2014), que avaliaram a produtividade de seis clones de batata-doce originários do banco de germoplasma da Universidade Federal dos Vales do Jequitinhonha e Mucuri (UFVJM), sendo que três clones ultrapassaram a produtividade tanto da cultivar Brazlândia Rosada quanto da Princesa. Azevedo et al. (2015), ao avaliarem o desempenho agrônomo de genótipos de batata-doce também provenientes do banco de germoplasma da UFVJM, observaram que nove clones foram mais produtivos do que as variedades Brazlândia Rosada e Brazlândia Roxa e Coquinho. Além desses resultados, observaram ainda que esses nove genótipos não diferiram estatisticamente da cultivar Princesa.

O que se observa a partir dos resultados encontrados por diversos pesquisadores é que existe grande variação na produtividade dos diferentes clones de batata-doce. Um estudo realizado na região sul do Tocantins sobre adaptabilidade fenotípica de genótipos de batata-doce originados de sementes botânicas (resultantes do policruzamento de genótipos previamente selecionados), revelou produtividades médias variando de 29,72 a 48,88 t.ha⁻¹ (AMORIN et al., 2011). A cultivar Duda alcançou produtividade média de 65,50 t.ha⁻¹ no Tocantins nos últimos dez anos (SILVEIRA, 2008), enquanto que clones advindos de famílias de meios-irmãos tiveram produtividade de 82,92 t.ha⁻¹ (Gonçalves et al., 2010), valores superiores à média nacional de produtividade, que é de 12,19 t.ha⁻¹ (CARMONA et al., 2015).

A baixa produtividade encontrada no Brasil é reflexo do manejo realizado pelos agricultores, a maioria deles pequenos produtores rurais que não dispõem de tecnologias apropriadas para o cultivo da batata-doce. Além disso, a maioria dos produtores acredita que a batata-doce, por ser uma cultura rústica e que se adapta às mais variadas condições, não necessita de cuidados especiais e tratos culturais específicos para que se obtenha sua melhor produtividade. Muitos deles não realizam adubação de cobertura, nem controle de pragas e doenças, nem sequer conhecem as necessidades hídricas da cultura e não realizam irrigação de forma eficiente. Dessa forma, a produtividade fica severamente comprometida, pois as variedades não conseguem expressar seu potencial por estarem submetidas a condições de estresse (CASTRO et al., 2009; FELTRAN; FABRI, 2010).

Outra explicação para esse fato é a utilização de variedades que não são recomendadas para determinadas regiões. Muitos agricultores utilizam materiais genéticos obsoletos e degenerados, em sua maioria suscetíveis a pragas e doenças. A degenerescência é favorecida pelo fato de a cultura ser propagada comercialmente por meio de reprodução assexuada, com uso de ramas, o que acentua o problema a cada geração, pois com o tempo há perda de vigor, produtividade e aumento da suscetibilidade às principais pragas e doenças (KROTH et al.,

2004). Os programas de melhoramento de batata-doce têm trabalhado intensamente realizando pesquisas para disponibilizar variedades adaptadas às diversas regiões de cultivo espalhadas por todo o Brasil, oferecendo aos produtores materiais genéticos com elevado potencial produtivo quando plantados nas regiões adequadas e conduzidos da forma correta (AZEVEDO, 2002; CARDOSO, 2007; SILVEIRA, 2008).

Os genótipos que apresentaram as maiores produtividades, *i.e.*, acima de 80 t.ha⁻¹ (4; 8; 21 e 58) foram coletados em locais diferentes. Os genótipos 4, 8 e 21 são provenientes de Iguape e o 58 foi coletado em Ubatuba. Os genótipos 4 e 8 apresentam coloração de casca e polpa bem parecidos, sendo que os dois são brancos tanto interna quanto externamente. O genótipo 21 apresenta coloração da casca roxa e polpa creme. Já o 58 apresenta a casca rosada e a polpa creme. Outra característica observada é que todas apresentam o formato fusiforme ou quase fusiforme, que é o preferido pelos consumidores.

A preferência dos consumidores pela cor das raízes tuberosas depende da tradição do local de comercialização, há locais onde eles preferem as batatas doces que apresentam a casca roxa e polpa creme (na realidade a cor da casca é um rosa bem intenso, mas popularmente é chamado de roxo) e em outros os consumidores preferem as que apresentam a casca branca e polpa creme. Porém, atualmente, tem aumentado a procura por cultivares que apresentem polpa alaranjada, que têm níveis mais elevados de precursores da vitamina A, podendo contribuir para a diminuição da deficiência dessa vitamina na população brasileira, principalmente na região norte, nordeste e alguns locais do sudeste (RAMALHO et al., 2002). O mesmo tem ocorrido com as de polpa roxa, pois essas apresentam maior concentração de antocianinas, que apresentam múltiplas funções, como a intensa atividade antioxidante dessa substância, além de sua ação anti-mutagênica, efeito anti-hiperglicêmico e efeitos hepatoprotetivos e antidepressivos (KANO et al., 2005; YOSHIMOTO et al., 1999; MATSUI et al., 2002; SUDA et al., 2003).

No presente experimento foi encontrado um genótipo que apresentou a polpa com coloração alaranjada (68), provavelmente por sua concentração de β -caroteno ser elevada. Esse genótipo apresentou produtividade de 25,53 t.ha⁻¹, valor bem abaixo do mais produtivo; porém, a sua produtividade está acima da média nacional, sendo necessário posteriormente analisar a concentração de β -caroteno presente para que se possam aprofundar as pesquisas acerca de seu possível uso em programas de melhoramento. Também foram encontrados sete genótipos que apresentaram a polpa roxa (1; 3; 34; 35; 36; 63 e 78), sendo que um deles, o 78, não diferiu estatisticamente do mais produtivo. Os genótipos 1; 3; 35 diferiram estatisticamente do 78, mas não diferiram entre si. Já o 34 e 36 formaram um grupo que

diferiu estatisticamente do 1, 3 e 35. Por último, o genótipo 63 obteve a menor média de produtividade (29,56 t.ha⁻¹) e diferiu estatisticamente de todos os demais.

Com relação ao comprimento das raízes tuberosas, nota-se que este variou de 10,86 a 31,01 cm e o diâmetro variou de 4,59 a 10,8 cm (Tabela 4). Houve a formação de quatro grupos que diferiram estatisticamente para a característica comprimento e três para a característica diâmetro. O comprimento é uma característica que deve ser levada em consideração pelo fato de que, no momento da colheita, raízes muito grandes podem quebrar e isso se torna um transtorno porque, se colocadas junto com as raízes intactas, a possibilidade de desenvolvimento de microrganismos é muito elevada. Ainda no momento da colheita, quando as raízes são muito grandes, elas podem se aprofundar mais no solo, o que dificulta bastante essa operação. Outro problema está relacionado à aceitação do consumidor, que, de modo geral, prefere raízes com tamanho mediano.

Ainda não existem normas oficiais para a padronização da batata-doce no Brasil (SILVA, LOPES E MAGALHÃES, 2008). Entretanto, os principais mercados brasileiros (Rio de Janeiro e São Paulo) adotam normas não oficiais de comprimento e de diâmetro, podendo aquele variar de 12 a 16 cm e este, entre 5 e 8 cm. No presente trabalho, 35 genótipos apresentaram-se dentro dos padrões recomendados para a variável comprimento, não diferindo entre si a 5% de probabilidade. Cardoso et al. (2005) avaliando 16 clones de batata-doce, observaram que o comprimento das raízes tuberosas variou de 20,69 a 13,18 cm, sendo que quatro clones apresentaram comprimento superior a 16 cm. Cavalcante, Ferreira e Soares (2003), em avaliações relativas a 14 clones, encontraram um que apresentava comprimento de 20,72 cm e outros sete apresentando média de 16,03 cm, o restante apresentando comprimento inferior aos comentados. Figueiredo (1993) obteve valores de 21,5 cm e 18,0 cm, para duas cultivares, sendo que os demais clones analisados apresentaram comportamento inferior com relação a esta característica.

Para a variável “diâmetro da raiz”, somente sete genótipos ficaram classificados fora do padrão, apesar de os genótipos 34 e 35 apresentarem diâmetros de 4,84 e 4,59, respectivamente, não diferindo estatisticamente do grupo que foi formado pelos que apresentaram diâmetro entre 5,00 e 5,96. Os genótipos 2, 28, 37 e 62 apresentaram diâmetro variando entre 9,01 e 9,47 e o genótipo 10 apresentou o diâmetro de 10,08, mas nenhum dos referidos genótipos diferiu estatisticamente de outros 41 e esses foram colocados num grupo.

Nota-se, portanto, que a variação encontrada para diâmetro foi um pouco menor do que a variação para comprimento. Cavalcante, Ferreira e Soares (2003) encontraram diferenças significativas para diâmetro, entre os clones avaliados com médias variando de

3,68 a 7,05 cm. Em contrapartida, Cardoso et al., (2005) encontraram valores no intervalo de 2,98 a 5,63 cm e não verificaram diferenças significativas entre os clones avaliados.

Com relação ao teor de amido em base seca, as porcentagens variaram de 48,3 a 71,8%, demonstrando que existe variabilidade entre os genótipos avaliados. Houve a formação de 10 grupos que diferiram estatisticamente entre si. Os genótipos 12 e 79 foram os que apresentaram maior porcentagem de amido em base seca (71,8 e 71,5% respectivamente), diferindo estatisticamente dos demais. E os genótipos 7, 26 e 63 apresentaram os menores valores (50,3; 48,7 e 48,3% respectivamente) e formaram um grupo à parte (Tabela 4). Nota-se que as porcentagens encontradas estão bem próximas às encontradas por Roesler et al. (2008) ao avaliarem quatro cultivares de batata-doce em duas épocas de colheita no oeste do Paraná. Os autores citados não encontraram diferenças significativas entre as cultivares avaliadas e as porcentagens variaram de 60,45 a 75,90% na primeira época de avaliação e de 62,54 a 74,23% na segunda época.

Para a batata-doce as porcentagens de amido em base seca ainda não estão bem definidas. Porém Gallant et al. (1982) e Leonel et al. (1998) relataram porcentagem de amido na raiz tuberosa de batata-doce em torno de 70 e 76% MS, respectivamente. Franco et al. (2001), em análises realizadas na Colômbia, encontraram o teor de amido, em base seca, para a batata-doce entre 69 e 72% MS. Corroborando os resultados apresentados, Leonel et al. (2004), avaliando nove cultivares de batata-doce como possíveis matérias-primas para obtenção de amido comercial, encontraram valores na faixa de 81,2 a 84,67% de amido.

Estudos realizados por Noda et al. (1997) ao avaliarem duas cultivares de batata-doce em diferentes épocas de plantio e de colheita, observaram que, para uma determinada cultivar, o conteúdo de amido aumentou do primeiro para o último mês de colheita, enquanto que para outra houve pequena redução, indicando que o comportamento é dependente do cultivar, época de plantio e de colheita. Dessa forma, há a necessidade de se avaliarem a demanda do mercado e a época de melhor desenvolvimento das cultivares, pois na literatura há trabalhos que demonstram que a colheita pode ser realizada em um período superior a 180 dias, o que favorece um aumento nas reservas das raízes.

Essa pode ser uma explicação para a diferença de porcentagem no teor de amido dos genótipos avaliados no presente experimento. Provavelmente, esses genótipos que apresentaram maior teor de amido são mais precoces e com a permanência no campo por um maior período, a porcentagem de amido também aumentou gradativamente, sendo que, no período da colheita, as porcentagens se encontravam acima das encontradas nos outros genótipos. Porém, não podemos deixar de levar em consideração também as características

genéticas, bem como as condições de cultivo e armazenamento das plantas que diferem das encontradas em outros trabalhos.

O amido apresenta grande utilidade nos mais diversos setores industriais. Pode ser utilizado na sua forma natural ou por intermédio de processamentos adicionais, dando origem a produtos como amidos modificados, xaropes de glicose, maltose ou frutose e maltodextrinas, entre outros. As fontes de amido mais utilizadas mundialmente são, em grande parte, cereais como o milho e o trigo, e raízes e tubérculos, como mandioca e batata. Pesquisas para utilização de outras raízes e tubérculos, como fontes de amido, são recentes principalmente porque essas matérias-primas se desenvolvem melhor em climas tropicais, onde está localizada a maioria dos países em desenvolvimento (FRANCO et al., 2001). Por essa razão, é de suma importância que haja aumento das pesquisas realizadas com batata-doce, principalmente pelo fato de a cultura se apresentar bastante promissora para ser utilizada como fonte amilácea.

Outro ponto que vale a pena ser ressaltado é a possibilidade da utilização do amido da batata-doce como matéria prima para produção de etanol combustível. Apesar de ainda ser pouco utilizada para esse fim, nos últimos anos têm-se tornado mais frequentes as pesquisas nesse campo e a batata-doce mostrou-se bastante promissora (OLIVEIRA et al., 2005; ANDRADE JÚNIOR et al., 2009; GONÇALVES NETO et al., 2011; ALVES et al., 2014; MARTINS et al., 2014). Para obtenção do álcool a partir de batata-doce é necessária a realização de dois processos importantes: primeiramente, a hidrólise, que consiste na transformação do amido em açúcares, também chamada de sacarificação; o processo seguinte é a fermentação dos açúcares e o produto reacional é o álcool. Dessa forma, a hidrólise do amido é de suma importância no processo visando à produção de álcool, pois os açúcares que são liberados nesse processo é que apresentam potencial para serem fermentados (FELTRAN, 2009).

Com relação à classificação das raízes, foram consideradas comerciais todas as raízes que apresentaram peso acima de 80 gramas e não comerciais as que apresentaram peso inferior (SILVA, LOPES e MAGALHÃES, 2008). A partir dos resultados encontrados, concluiu-se que a construção de um gráfico seria a melhor forma de expôr os resultados (Figura 9).

Essa análise foi realizada porque houve genótipos que tiveram uma produtividade elevada, mas ao se avaliar a relação entre a parte comerciável e a não comerciável, a primeira se revela bem pequena e observamos que mesmo produzindo muito, a maioria das raízes está fora do padrão para consumo de mesa. Levando-se em consideração a média geral, os

genótipos apresentaram número médio de raízes comerciáveis por planta de 7,16, sendo que o genótipo 36 apresentou o maior número de raízes comerciais (15) e o 62 apresentou o menor (1,5). Já para o número de raízes não comerciáveis, a média foi de 2,44, sendo que o genótipo 68 apresentou o maior valor (15,16) enquanto que os menores valores foram observados nos genótipos 10; 19; 28; 33; 47; 55; 58 e 70, todos com média de 0,5 (Tabela 4).

Trabalhos realizados por Silva et al. (1991) observaram variações de 3,11 e 9,18 no número médio de raízes tuberosas comerciais por parcela, quatro meses após o plantio. Porém, Câmara et al. (2013), ao avaliarem cultivares de batata-doce quatro meses após o plantio em Mossoró (RN) observaram número médio de raízes comerciais variando de 1 a 3,75.

Queiroga et al. (2007) encontraram efeitos significativos no número médio de raízes por planta para as diferentes épocas de colheita. Foi verificado que, aos 155 dias após o plantio, havia um maior número médio de raízes comerciáveis por planta, do que aos 105 e 130 dias. Resultados semelhantes também foram descritos por Resende (1999), que observaram aumento no número médio de raízes comerciáveis à medida que se retardava a colheita. Essa é uma provável causa do elevado número de raízes comerciais que alguns genótipos apresentaram no presente trabalho, pois o fato de a colheita ter sido realizada 180 dias após o plantio favorece o aumento desse número, justificando os valores observados.

Pela visualização da figura 9, observa-se que o genótipo 40 foi o que apresentou a maior relação entre as raízes, seguido pelos genótipos 19; 4; 47; 18; 58 e 70. Porém outros 45 genótipos apresentaram relação positiva entre as raízes e 28 deles apresentaram relação negativa, sendo o genótipo 68 o que apresentou o menor resultado.

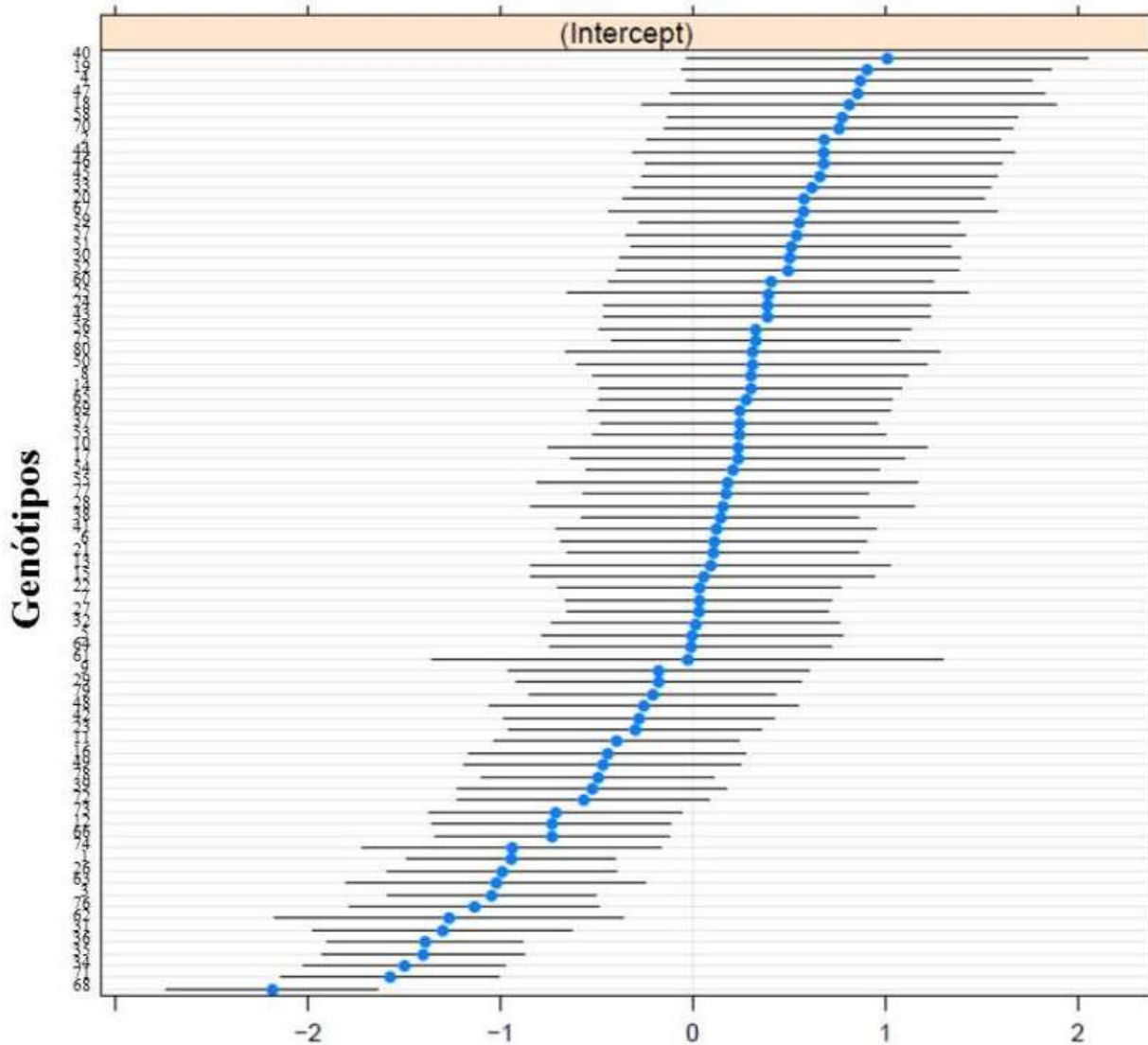


Figura 9 – Gráfico de interceptos com a relação entre raízes comerciáveis e não comerciáveis de 80 genótipos de batata-doce, 180 dias após o plantio.

Essa relação entre raízes comerciáveis e não comerciáveis evita que a seleção leve erroneamente em consideração somente o número de raízes produzidas. Uma planta pode produzir bem mais raízes do que outra, mas no balanço geral da produtividade, a que produziu o menor número pode superar as outras pelo fato de ela estar dentro do padrão de comercialização. Não se justifica a seleção de uma planta que produz um elevado número de raízes, se a maioria delas não é comerciável. A maioria das plantas que produzem um número elevado de raízes não apresenta valor comercial. Isso pode ser explicado pelo fato de que há aumento na competição por fotoassimilados entre as raízes e essa competição faz com que a translocação para cada raiz seja menor, influenciando diretamente o peso (SCHENK, 2006).

Como exemplo, podemos citar os genótipos 12 e 79. Eles apresentaram número elevado de raízes não comerciais, mas, em contrapartida, foram os que apresentaram maior

teor de amido nas raízes, diferindo estatisticamente dos demais. Outro fato observado é que o genótipo 68 apresenta um grande potencial para ser utilizado em programas de melhoramento, pois possui a polpa alaranjada pela grande quantidade de β -caroteno, porém ele foi o que apresentou o menor número de raízes comerciais, comprometendo a sua utilização para mesa.

3.4 Considerações finais

Existem genótipos com elevado potencial produtivo, superando a média nacional e que apresentaram características comerciais desejáveis, sendo considerados possíveis genitores em futuros programas de melhoramento.

Alguns genótipos apresentaram teor elevado de amido nas suas raízes, o que possibilita a sua utilização em programas de melhoramento visando à produção de etanol.

Referências

ALVES, R.P.; ANDRADE, T.M.; OLIVEIRA, A.M.S.; SANTANA, A.D.D.; PINTO, V.S.; BLANK, A.F. Desempenho de clones de batata-doce do banco ativo de germoplasma da UFS para amido e etanol. **Horticultura Brasileira**, Brasília, v. 31, n. 2, p. 1694–1701, 2014.

AMORIN, B.S.C.; OLIVEIRA, G.I.S.; SILVEIRA, M.A.; NASCIMENTO, I.R.; FERREIRA, T.A.; Adaptabilidade fenotípica de genótipos de batata-doce oriundos de sementes botânicas na região Sul do Estado do Tocantins. **Revista Brasileira de Tecnologia Aplicada nas Ciências Agrárias**, Guarapuava, v. 4, p. 31-50, 2011.

ANDRADE JUNIOR, 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**, Brasília, v. 27, p. 389-393, 2009.

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 ramos e raízes de batata-doce. **Horticultura Brasileira**, Brasília, v. 30, p. 584-589, 2012.

AZEVEDO, A.M.; ANDRADE JÚNIOR, V.C.; FERNANDES, J.S.C.; PEDROSA, C.E.; OLIVEIRA, C.M. Desempenho agrônômico e parâmetros genéticos em genótipos de batata-doce. **Horticultura Brasileira**, Brasília, v. 33, p. 84-90, 2015.

AZEVEDO, A.M.; ANDRADE JÚNIOR, V.C.; VIANA, D.J.S.; ELSAYED, A.Y.A.M.; 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**, Brasília, v. 32, p. 21-27, 2014.

AZEVEDO, S.M.; MALUF, W.R.; SILVEIRA, M.A.; FREITAS, J.A. Reação de clones de batata-doce aos insetos de solo. **Ciência e Agrotecnologia**, Lavras, v. 26, p. 545-549, 2002.

BIRT, D.F.; HENDRICH, S.; WANG, W. Dietary agents in cancer prevention: flavonoids

and isoflavonoids. **Pharmacology & Therapeutics**, Kansas, v. **90**, n. 2, p. 157–177, 2001.

BORGES, A.; ROSA, M.S.; RECCHIA, G.H.; QUEIROZ-SILVA, J.R.; BRESSAN, E.A.; VEASEY, E.A. CTAB methods for DNA extraction of sweetpotato for microsatellite analysis. **Scientia Agricola**, Piracicaba, v. **66**, n. 4, p. 529–534, 2009.

CÂMARA, F.A.A.; GRANGEIRO, L.C.; DOMBROSKI, J.L.D.; SANTOS, M.A.; FREITAS, R.M.O.; FREITAS, F.C.L. Desempenho agrônômico de cultivares de batata-doce oriundas de ramas produzidas de forma convencional e *in vitro*. **Revista Brasileira de Ciências Agrárias**, Recife, v. **8**, n. 3, p. 370–374, 2013.

CARDOSO, A.D.; VIANA, A.E.S.; MATSUMOTO, S.N.; BONFIM NETO, H.; KHOURI, C.R.; MELO, T.L. Características físicas e sensoriais de clones de batata-doce. **Ciência e Agrotecnologia**, Lavras, v. **31**, p. 1760-1765, 2007.

CARDOSO, A.D.; VIANA, A.E.S.; RAMOS, P.A.S.; MATSUMOTO, S.N.; AMARAL, C.L.F.; SEDIYAMA, T.; MORAIS, O.M. Avaliação de clones de batata-doce em Vitória da Conquista. **Horticultura Brasileira**, Brasília, v. **23**, p. 911-914, 2005.

CARMONA, P.A.O.; PEIXOTO, J.R.; AMARO, G.B.; MENDONÇA, M.A. Divergência genética entre acessos de batata-doce utilizando descritores morfoagronômicos das raízes. **Horticultura Brasileira**, Brasília, v. **33**, p. 241-250, 2015.

CASTRO, L.A.S.; TREPTOW, R.O.; CAMPOS, A.D.; CHOER, E.; THÜRMER, L. Acessos de batata-doce do banco ativo de germoplasma da Embrapa Clima Temperado recomendados para mesa e processamento industrial. 2009. 26 p. Disponível em: <<http://ainfo.cnptia.embrapa.br/digital/bitstream/CPACT-2010/13234/1/documento-289.pdf>> Acesso: 12 fev. 2015.

CASTRO, L.A.S. de; OLIVEIRA, R.P. de. **Cultura da batata-doce**. Embrapa Hortaliças: Sistemas de Produção 10, versão eletrônica, 2007. Disponível em: <<https://sistemasdeproducao.cnptia.embrapa.br/FontesHTML/Batata-doce/SistemaProducaoBatata-doce/autores.htm>> Acesso em: 14 jun. 2016.

CAVALCANTE, J.T.; FERREIRA, P.V.; SOARES, L. Avaliação de clones de batata-doce [*Ipomoea batatas* (L.) Lam.], em Rio Largo – Alagoas. **Magistra**, Cruz das Almas, BA, v. **15**, n. 1, p. 13-17, 2003.

CAVALCANTE, M.; FERREIRA, P.V.; PAIXÃO, S.L.; COSTA, J.G.; PEREIRA, R.G.; MADALENA, J.A. da S. Potenciais produtivo e genético de clones de batata-doce. **Acta Scientiarum. Agronomy**, Maringá, v. **31**, n. 3, p. 421-426, 2009.

DAROS, M.; AMARAL JÚNIOR, A.T.; PEREIRA, T.N.S.; LEAL, N.R.; FREITAS, S.P.; SEDIYAMA, T. Caracterização morfológica de acessos de batata-doce. **Horticultura Brasileira**, Brasília, v. **20**, n. 1, p. 43–47, 2002.

DEMÉTRIO, C.G.B.; HINDE, J.; MORAL, R.A. **Models for Overdispersed Data in Entomology. Ecological Modelling Applied to Entomology**, New Delhi, v. **9**, n. 1, p. 219-259, 2014.

FELTRAN, J.C.; FABRI, E.G. Batata-doce: uma cultura versátil, porém sub-utilizada. **Nosso Alho**, Brasília, v.6, p. 28-31, 2010.

FELTRAN, J.C.; VALLE, T.L. **Batata-doce (*Ipomoea batatas* (L) Lam):** Matéria-prima alternativa para a produção de etanol. Instituto Agrônomo-Centro de Horticultura, Campinas, 2009. Disponível em:<www.iac.sp.gov.br>. Acesso: 19 mar. 2014.

FIGUEIREDO, A.F. **Armazenamento de ramas, tipos de estacas, profundidade de plantio e análise do crescimento de batata-doce [*Ipomoea batatas* (L) Lam].**1993. 127p. Tese (Doutorado em Produção Vegetal) - Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, 1993.

FRANCO, C.M.L.; DAIUTO, E.R.; DEMIATE, I.M.; CARVALHO, L.J.C.B.; LEONEL, M.; CEREDA, M.P.; VILPOUX, O.F.; SARMENTO, S.B.S. **Propriedades gerais do amido.** Campinas: Fundação Cargil, 2001. 221p. (Série Culturas de Tuberosas Amiláceas Latino Americanas, v. 1).

GALLANT, D.J.; BEWA, H.; BUY, Q.H.; BOUCHET, B.; SZYLIT, O.; SEALY, L. On ultrastructural and nutritional aspects of some tropical tuber starches. **Biosynthesis Nutrition Biomedical**, Weinheim, v. 34, n. 8, p. 255-262, 1982.

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

GONÇALVES, R.J.S.; CARVALHO, R.C.; GONÇALVES NETO, A.C.; MALUF, W.R.; LASMAR, A.; GOMES, M.S. Potencial produtivo de clones de batata-doce oriundos de famílias de meio-irmãos. **Horticultura Brasileira**, Brasília, v. 28, p. 2379-2384, 2010.

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

KIM, H.W.; KIM, J.B.; CHO, S.M.; CHUNG, M.N.; LEE, Y.M.; SHU, S.M.; CHE, J.H.; KIM, S.N.; KIM, S.Y.; CHO, Y.S.; KIM, J.H.; PARK, H.J.; LEE, D.J. Anthocyanin changes in the Korean purple-fleshed sweet potato, Shinzami, as affected by steaming and baking. **Food Chemistry**, London, v. 130, n. 4, p. 966-972, 2012.

KRINSKY, N.I.; JOHNSON, E.J. Carotenoid actions and their relation to health and disease. **Molecular aspects of medicine**, Elmsford, v. 26, n. 6, p. 459-516, 2005.

KROTH, L.L.; DANIELS, J.; PIEROBOM, C.R. Degenerescência da batata-doce no Rio Grande do Sul. **Revista Brasileira de Agrociência**, Pelotas, v. 10, p. 79-82, 2004.

LEONEL, M.; JACKEY, S.; CEREDA, M.P. Processamento industrial de fécula de mandioca e batata-doce: um estudo de caso. **Ciência e Tecnologia de Alimentos**, Campinas, v. 18, p. 343-345, 1998.

LEONEL, M.; SARMENTO, S.B.S.; FRANCO, C.M.L.; OLIVEIRA, M.A.; CEREDA, M.P. Avaliação de cultivares de batata-doce como matéria-prima para extração de amido. **Brazilian Journal of Food Technology**, Campinas, v. 7, n. 1, p. 47-55, 2004.

MARTINS, E.C.A.; PELUZIO, J.M.; COIMBRA, R.R.; SILVEIRA, M.A.; OLIVEIRA, J. das D.D.; OLIVEIRA JUNIOR, W.P. de. Diversidade genética em batata-doce no Tocantins. **Bioscience Journal**, Uberlândia, v. 30, n. 2, p. 429-435, 2014.

MASSAROTO, J.A.; MALUF, W.R.; GOMES, L.A.A.; FRANCO, H.D.; GASPARINO, C.F. Behavior of roots of sweet potato clones. **Ambiência**, Guarapuava, v. 10, n. 1, p. 73-81, 2014.

MATSUI, T.; EBUCHI, S.; KOBAYASHI, M.; FUKUI, K.; SUGITA, K.; TERAHARA, N.; MATSUMOTO, K. Anti-hyperglycemic effect of diacylated anthocyanin derived from *Ipomoea batatas* cultivar Ayamurasaki can be achieved through the alpha-glucosidase inhibitory action. **Journal of Agricultural and Food Chemistry**, Washington, v. 50, n. 25, p. 7244-7248, 2002.

NODA, T., TAKAHATA, Y.; SATO, T.; IKOMA, H.; MOCHIDA, H. Combined effects of planting and harvesting dates on starch properties of sweet potato roots. **Carbohydrate Polymers**, Barking, v. 33, p. 169-176, 1997.

OLIVEIRA, A.P.; OLIVEIRA, M.R.T.; BARBOSA, J.A.; SILVA, G.G.; NOGUEIRA, D.H.; MOURA, M.F.; BRAZ, M.S.S. Rendimento e qualidade de raízes de batata-doce adubada com níveis de uréia. **Horticultura Brasileira**, Brasília, v. 23, p. 925-928, 2005.

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

R DEVELOPMENT CORE TEAM: versão 3.0.2 2014. Disponível em: <<http://r-development-core-team.software.informer.com>>. Acesso: 13 mar. 2015.

RAMALHO, M.A.P.; FLORES, H.; SAUNDERS, C. Hipovitaminose A no Brasil: Um problema de saúde pública. **Revista de Saúde Pública**, São Paulo, v. 34, p. 56-63, 2002.

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

SALLA, D.A.; FURLANETO, F.P.B.; CABELLO, C.; KANTHACK, R.A.D. Análise energética de sistemas de produção de etanol de mandioca (*Manihot esculenta* Crantz). **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, Campina Grande, v. 14, n.4, p. 444-448, 2010.

SANTANA, W.R.; MARTINS, L.P.; SILVEIRA, M.A.; SANTOS, W.F.; GONÇALVES, R.C.; SOUZA, F.R.; RESPLANDES, G.R.; LIMA, M.M. Identificação agronômica de genótipos de batata-doce em banco de germoplasma para fins industriais de etanol carburante. **Tecnologia e Ciência Agropecuária**, João Pessoa, v. 7, n. 1, p. 31-34, 2013.

SCHENK, H.J. Root competition: beyond resource depletion. **Journal of Ecology**, London, v. **94**, n. 4, p. 725-739, 2006.

SILVA, J.B.C.; LOPES, C.A.; MAGALHÃES, J.S. **Cultura da batata-doce**. Embrapa Hortaliças: Sistemas de Produção 6, versão eletrônica, 2008. Disponível em: <<http://www.cnph.embrapa.br/sistprod/batatadoce/autores.htm>>. Acesso em: 02 mar. 2016.

SILVA, L.J.L.: Duncan test, Tukey test and Scott-Knott test.. R package version 1.0-1. 2010. Disponível em: <<http://CRAN.R-project.org/package=laercio>>. Acesso em: 3 nov. 2015.

SILVA, S.O.; SOUZA, A.S.; PAZ, O.P. Efeito da multiplicação vegetativa *in vitro* na produtividade da batata-doce (*Ipomoea batatas* (L.) Lam.). **Revista Brasileira de Fisiologia Vegetal**, Londrina, v. **3**, n. 1, p. 47–52, 1991.

SILVEIRA, M.A. **A cultura de batata-doce como fonte de matéria prima para etanol**. 2008. 38p. (Boletim Técnico – UFT);

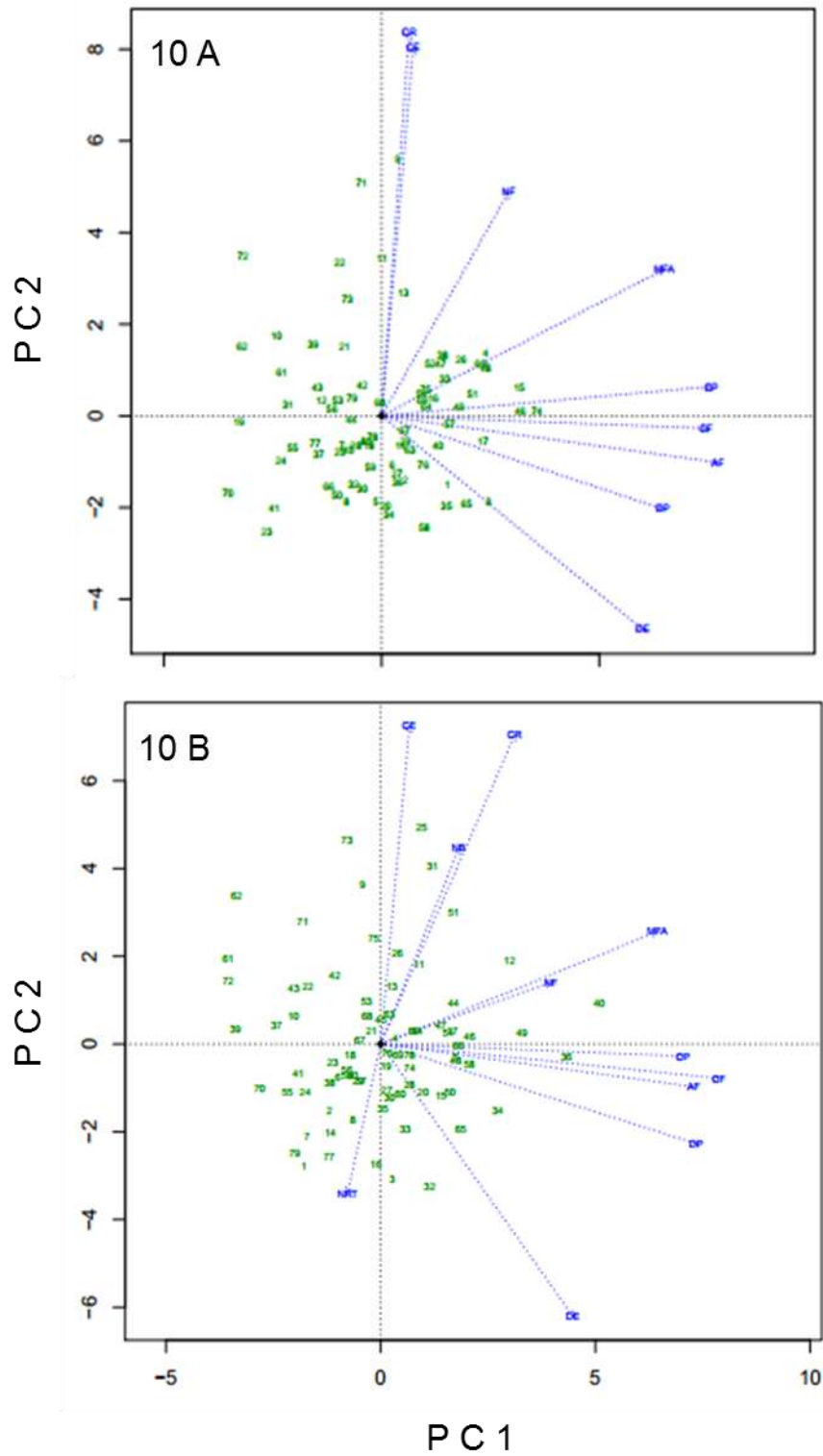
SUDA, I.; OKI, T.; MASUDA, M.; KOBAYASHI, M.; NISHIBA, Y.; FURUTA, S. Physiological functionality of purple-fleshed sweet potatoes containing anthocyanins and their utilization in foods. **Japan Agricultural Research Quarterly**, Tokyo, v. **37**, p. 167-173, 2003.

TAVARES, I.B.; SANTANA, W.R.; SILVEIRA, M.A.; SOUZA, R.C.; MAGALHAES, K.A.B.; MAGALHÃES FILHO, L.N.L.; CARDOSO, L.M.; OLIVEIRA, H.S.; VIDAL, A.S. C.; VIEIRA, G.E.G.; ALVIM, T.C. Rendimento potencial de etanol de acessos de batata-doce cultivados no Tocantins. In: CONGRESSO INTERNACIONAL DE AGROENERGIA E BIOCOMBUSTÍVEIS, 2007. Teresina. **Anais...** Teresina, 2007. p. 120.

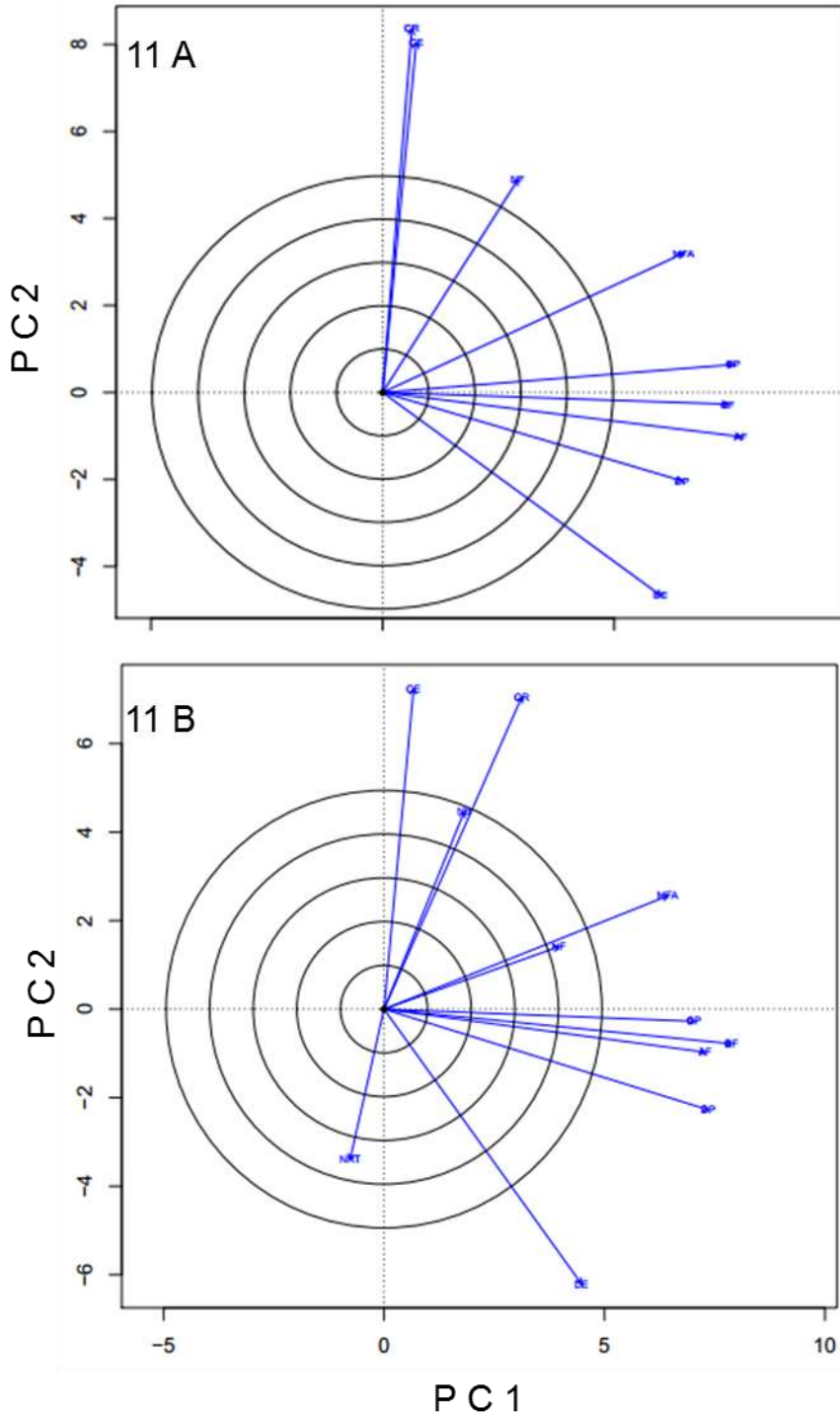
XU, J.; SU, X.; LIM, S.; GRIFFIN, J.; CAREY, E.; KATZ, B.; TOMICH, J.; SCOTT SMITH, J.; WANG, W. Characterisation and stability of anthocyanins in purple-fleshed sweet potato P40. **Food Chemistry**, London, v. **1**, n. 189, p.90-96, 2015.

ANEXOS

Anexo 1 - Análise GGE Biplot da relação entre 80 genótipos de batata-doce e características vegetativas avaliadas em três épocas distintas (30; 60 e 180 dias após o plantio). Gráfico 10A: Época 30 dias. Características avaliadas: massa fresca da parte aérea (MFA); comprimento da rama (CR); comprimento do entrenó (CE); comprimento da folha (CF); comprimento do pecíolo (CP); diâmetro do entrenó (DE); diâmetro do pecíolo (DP); área foliar (AF); número de folhas (NF) e número de brotos (NB). Gráfico 10B: época 60 dias: mesmas características acrescentando-se “número de raízes tuberosas” (NRT).



Anexo 2 - Análise GGE Biplot da correlação entre variáveis em batata-doce, avaliadas em três épocas distintas (30; 60 e 180 dias após o plantio). Gráfico 11A: época: 30 dias. Características avaliadas: massa fresca da parte aérea (MFA); comprimento da rama (CR); comprimento do entrenó (CE); comprimento da folha (CF); comprimento do pecíolo (CP); diâmetro do entrenó (DE); diâmetro do pecíolo (DP); área foliar (AF); número de folhas (NF) e número de brotos (NB). Gráfico 11B: época 60 dias: mesmas características acrescentando-se “número de raízes tuberosas” (NRT).



Anexo 3- Análise GGE Biplot (Quem-venceu-onde), mostrando o polígono formado entre os genótipos e as correlações entre as características vegetativas de batata-doce, avaliadas em três épocas distintas (30; 60 e 180 dias após o plantio). Gráfico 12A: época: 30 dias. Características avaliadas: massa fresca da parte aérea (MFA); comprimento da rama (CR); comprimento do entrenó (CE); comprimento da folha (CF); comprimento do pecíolo (CP); diâmetro do entrenó (DE); diâmetro do pecíolo (DP); área foliar (AF); número de folhas (NF) e número de brotos (NB). Gráfico 12B: Época: 60 dias: mesmas características acrescentando-se número de raízes tuberosas (NRT).

