



UNIVERSIDADE FEDERAL DO TOCANTINS  
PRÓ-REITORIA DE PÓS-GRADUAÇÃO  
**Programa de Pós-Graduação em Agroenergia**

---

**AVALIAÇÃO AGRONÔMICA E ESTABILIDADE DE GENÓTIPOS  
DE BATATA DOCE SELECIONADOS PARA A PRODUÇÃO DE  
ETANOL**

**HIDER CORDEIRO DE MORAIS**

**PALMAS  
TOCANTINS – BRASIL  
2015**

**HIDER CORDEIRO DE MORAIS**

**AVALIAÇÃO AGRONÔMICA E ESTABILIDADE DE GENÓTIPOS  
DE BATATA DOCE SELECIONADOS PARA A PRODUÇÃO DE  
ETANOL**

**Orientadora.**

Prof.<sup>a</sup> Dr.<sup>a</sup> Valéria Gomes Momenté

Dissertação apresentada ao curso de Mestrado em Agroenergia da Universidade Federal do Tocantins, em cumprimento parcial das exigências para a obtenção do título de Mestre em Agroenergia

**PALMAS  
TOCANTINS – BRASIL  
2015**

Trabalho realizado junto ao curso de Mestrado em Agroenergia da Universidade Federal do Tocantins, sob a orientação da Profª Dsc. Valéria Gomes Momenté, com o apoio financeiro do Conselho Nacional de Pesquisa Científica (CNPq).



---

Profª Dsc. Valéria Gomes Momenté  
Professora da Universidade Federal do Tocantins  
(Orientadora)



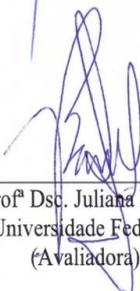
---

Profª Dsc. Ildon Rodrigues da Nascimento  
Professor da Universidade Federal do Tocantins  
(Avaliador)



---

Profª Dsc. Marcio Antônio da Silveira  
Professor da Universidade Federal do Tocantins  
(Avaliador)



---

Profª Dsc. Juliana Barili  
Professora da Universidade Federal do Tocantins  
(Avaliadora)

**Dados Internacionais de Catalogação na Publicação (CIP)**  
**Sistema de Bibliotecas da Universidade Federal do Tocantins**

---

MS27a    Morais, Hider Cordeiro de .

Avaliação agronômica e estabilidade de genótipos de batata doce selecionados para a produção de etanol. / Hider Cordeiro de Morais. – Palmas, TO, 2015.

49 f.

Dissertação (Mestrado Acadêmico) - Universidade Federal do Tocantins – Câmpus Universitário de Palmas - Curso de Pós-Graduação (Mestrado) em Agroenergia, 2015.

Orientadora : Valéria Gomes Momentê

1. Agroenergia. 2. Produção de etanol a partir da batata-doce. 3. Desempenho agronômico. 4. Estabilidade e adaptabilidade. I. Título

**CDD 333.7**

---

TODOS OS DIREITOS RESERVADOS – A reprodução total ou parcial, de qualquer forma ou por qualquer meio deste documento é autorizado desde que citada a fonte. A violação dos direitos do autor (Lei nº 9.610/98) é crime estabelecido pelo artigo 184 do Código Penal.

**Elaborado pelo sistema de geração automática de ficha catalográfica da UFT com os dados fornecidos pelo(a) autor(a).**

Dedico

Aos meus pais, Hylário e  
Rosa, aos meus irmãos e a minha  
noiva Daphynni e seus pais.

## AGRADECIMENTOS

*Agradeço a Deus antes de tudo.*

*À Universidade Federal do Tocantins pela oportunidade de estudo.*

*Ao CNPQ pela concessão da bolsa de estudos durante o curso.*

*À minha orientadora Professora Valéria Gomes Momenté, pela paciência, ensinamentos e compreensão. Obrigado professora.*

*Ao Professor Ildon Rodrigues Nascimento, pelo suporte dado, sem ele dificilmente conseguiria vencer essa etapa.*

*À todos professores e colaboradores do Programa de Mestrado em Agroenergia da UFT, que contribuíram com suas experiências para esse trabalho.*

*Aos meus grandes amigos que me apoiaram e compartilharam momentos bons e ruins, durante o mestrado, o Eng<sup>o</sup> Murilo Marcolini e Eng<sup>o</sup> Wallace Aniszewski*

*Aos amigos de luta Valtercris Rodrigues, Izabella Downar, Rayane Alves, Ygor Freitas, Dr<sup>o</sup> Raphael Simões, Ivacy Júnior, Caio Araújo e Thiago Fernandes.*

*À toda minha família que sempre me incentivou nos estudos.*

*Aos meus futuro sogro (Marilson) e sogra (Evani) que me adotaram desde o dia que nos conhecemos.*

*Aos meus pais, que nunca deixaram eu desistir de qualquer sonho.*

*Meus irmãos, Daniel e Hyuri pelo incentivo.*

*A minha mulher Daphynni Carolinne, Engenheira, pelo apoio e estímulo gerado para execução desse trabalho.*

*A todos que direta ou indiretamente contribuíram no desenvolvimento deste trabalho que foi tão difícil e que me trouxe amadurecimento profissional e pessoal.*

O temor do Senhor é o princípio da sabedoria; Todos os que cumprem os seus preceitos revelam bom senso. Ele será louvado para sempre! Salmo 111:10

## SUMÁRIO

<b>RESUMO GERAL</b> .....	viii
ABSTRACT .....	x
LISTA DE TABELAS.....	xiii
1. INTRODUÇÃO GERAL .....	1
2. REFERENCIAL TEÓRICO.....	4
2.1. Importância econômica e energética da batata-doce .....	4
2.2. O melhoramento genético da batata-doce.....	5
2.3. Interação genótipos x ambientes (GXA).....	7
2.4. Adaptabilidade e estabilidade .....	7
2.4.1. Método Centroide .....	9
3. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS .....	11
<b>CAPÍTULO I</b> .....	17
<b>Caracterização agrônômica de genótipos de batata-doce do Sul do Estado do Tocantins</b> .....	17
RESUMO.....	17
ABSTRACT .....	17
1. INTRODUÇÃO.....	18
2. MATERIAL E MÉTODOS.....	20
3. RESULTADOS E DISCUSSÕES.....	22
4. CONCLUSÕES .....	26
5. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS .....	27
<b>CAPÍTULO II</b> .....	30
<b>Adaptabilidade de genótipos de batata-doce na região sul do Estado do Tocantins</b> .....	30
RESUMO.....	30
ABSTRACT .....	30
1. INTRODUÇÃO.....	31
2. MATERIAIS E MÉTODOS.....	33
3. RESULTADOS E DISCUSSÕES.....	34
4. CONCLUSÃO.....	44
5. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS .....	45

## RESUMO GERAL

MORAIS, Hider Cordeiro de, Fundação Universidade Federal do Tocantins. **Avaliação agrônômica e estabilidade de genótipos de batata doce selecionados para a produção de etanol.** Orientadora: Valéria Gomes Momenté. Avaliadores: Ildon Rodrigues do Nascimento, Márcio Antônio da Silveira e Juliana Barilli.

A batata-doce, é uma cultura muito popular, apreciada e difundida em todo o país, sendo cultivada principalmente por pequenos produtores, porém, se faz necessário o desenvolvimento de tecnologias que possibilitem o aumento do rendimento da cultura. Objetivou-se avaliar o desempenho agrônômico de genótipos de batata-doce com potencial para a produção de etanol e estimar a adaptabilidade e estabilidade produtiva dos genótipos de batata-doce selecionados em quatro épocas de cultivo na região Sul do Tocantins. Os experimentos foram conduzidos na Universidade Federal do Tocantins utilizando o delineamento experimental de blocos casualizados com 3 repetições, 16 genótipos e 1 cultivar avaliando-se as características: produtividade ( $t\ ha^{-1}$ ), incidência de danos por insetos de solo e teor de matéria seca de raízes (%). Os genótipos BDGU#57, BDGU#11, BDGU#35 e BDGU#36, são os mais produtivos, portanto promissores a produção de etanol combustível. Os genótipos BDGU#40, BDGU#38 e BDGU#36 foram os que apresentaram maiores teores de matéria seca, portanto e o genótipo BDGU#93, dentre os genótipos avaliados, é o mais tolerantes a incidência de danos causados por insetos de solo. Com os dados das quatro épocas avaliações (anos agrícolas 09/10, 10/11, 11/12 e 13/14) foi estimada a adaptabilidade, através do método centroide, dos genótipos de batata-doce selecionados, para as características produtividade ( $kg\ ha^{-1}$ ), danos por insetos de solo e teor de matéria seca (%). Observou – se que os genótipos BDGU#16, BDGU#57 e BDGU#58 são adaptados a ambientes desfavoráveis com relação a produtividade total de raízes. O genótipo BDGU#10 é adaptado a ambientes desfavoráveis tanto em relação a incidência de danos causados por insetos de solo quanto ao teor de matéria seca. Os genótipos BDGU#36, BDGU#38, BDGU#59, BDGU#78, BDGU#88 e BDGU#89 representam comportamento invariante e, portanto, similar em relação as médias de cada variável. Apenas o genótipo BDGU#04 pode ser indicado para ambientes de adaptabilidade geral para teor de matéria seca.

**Palavras-chave:** *Ipomoea batatas*, performance agronômica e adaptabilidade genética.

MORAIS, Hider Cordeiro de, the Federal University of Tocantins (Fundação Universidade Federal do Tocantins, UFT). **Agronomic evaluation and stability of sweet potato genotypes selected for ethanol production.** Professor adviser: Valéria Gomes Momenté. Thesis Defence Committee: Ildon Rodrigues do Nascimento, Márcio Antônio da Silveira and Juliana Barilli.

## ABSTRACT

The sweet potato is a very popular culture, appreciated and widespread throughout the country and is mainly cultivated by small farmers; however, it is necessary to develop technologies that enable increased crop yield. Research objective was to evaluate the agronomic performance of sweet potato genotype with potential for the production of ethanol and estimate the adaptability and stability of sweet potato genotypes selected in four growing seasons in southern Tocantins. The experiments were conducted at the Federal University of Tocantins using a randomized block trial design with three replications, 16 genotypes and 1 cultivation evaluating the characteristics: productivity ( $t\ ha^{-1}$ ), incidence of damage by soil insects and dry matter content of roots (%). The genotypes BDGU#57, BDGU#11, BDGU#35 and BDGU#36 among the examined genotypes thus promising the production of fuel ethanol. However, the genotypes BDGU#40, BDGU#38 and BDGU#36 were the ones that had higher dry matter. In the IDIS variable, the genotype BDGU#93, among the examined genotypes, is the most tolerant to the incidence of damage caused by soil insects. With data from four seasons evaluations (agricultural years 09/10, 10/11, 11/12 and 13/14) adaptability was estimated, by the centroid method of selected sweet potato genotypes, for the features productivity ( $kg\ ha^{-1}$ ), damage by soil insects and dry matter content (%). It was observed that the genotypes BDGU#16, BDGU#57 and BDGU#58 are adapted to harsh environments regarding the total root productivity. The BDGU#10 genotype is adapted to harsh environments both in incidence of damage caused by soil insects as in the dry matter content. The genotypes BDGU#36, BDGU#38, BDGU#59, BDGU#78, BDGU#88 and BDGU#89 represent invariant behavior and therefore similar regarding the means of each variable. Only BDGU # 04 genotype may be indicated for general adaptability environments for dry matter content.

**Key-words:** *Ipomoea potatoes*, agronomic performance and genetic adaptability.



## LISTA DE FIGURAS

- Figura 1:** Dispersão gráfica dos componentes principais de 17 genótipos para produtividade média de raízes ( $t\ ha^{-1}$ ) em quatro épocas de cultivo na região sul do estado do Tocantins. .... 37
- Figura 2:** Dispersão gráfica dos componentes principais de 17 genótipos para incidência de danos por insetos de solo (notas de 1 a 5) em quatro épocas de cultivo na região sul do estado do Tocantins. .... 39
- Figura 3:** Dispersão gráfica dos componentes principais de 17 genótipos para a diferença entre nota máxima e nota atribuída ao genótipo da incidência de danos por insetos de solo em quatro épocas de cultivo na região sul do estado do Tocantins. .... 41
- Figura 4:** Dispersão gráfica dos componentes principais de 17 genótipos para teor de matéria seca (%) em quatro épocas de cultivo na região sul do estado do Tocantins. ... 42

## LISTA DE TABELAS

<b>Tabela 1:</b> Resumo da análise de variância para produtividade total de raiz ( $t \cdot ha^{-1}$ ), incidência de danos provocados por insetos do solo (IDIS) e teor de matéria seca (TMS). .....	22
Tabela 2: Médias de produtividade de raízes (PT em $t \cdot há^{-1}$ ), notas para incidência de danos causados por insetos de solo (IDIS) e Médias para teor de massa seca (TMS em %). .....	23
Tabela 3: Resumo da análise de variância conjunta da característica produtividade total de raízes (PT) ( $t \cdot ha^{-1}$ ), incidência de danos por insetos de solo (IDIS) (notas 1 a 5) e teor de matéria seca (TMS) em genótipos de batata-doce em quatro épocas na região sul do Tocantins. UFT, Gurupi. ....	35
Tabela 4: Médias e probabilidade de classificação de cada genótipo de batata-doce em um dos setes quadrantes pelo método centroide para a característica produtividade total de raízes ( $t \cdot ha^{-1}$ ). UFT, Gurupi – TO, .....	36
Tabela 5: Médias e probabilidade de classificação de cada genótipo de batata-doce em um dos sete quadrantes pelo método centroide para a característica incidência de danos por insetos de solo (notas de 1 a 5). UFT, Gurupi – TO. ....	38
Tabela 6: Médias e probabilidade de classificação de cada genótipo de batata-doce em um dos sete quadrantes pelo método centroide para a distância entre o valor máximo e a nota de cada genótipo para a incidência de danos por insetos de solo (notas de 1 a 5). UFT, Gurupi – TO. ....	40
Tabela 7: Médias e probabilidade de classificação de cada genótipo de batata-doce em um dos setes quadrantes pelo método centroide para a característica teor de matéria seca (%). UFT, Gurupi – TO .....	42
Tabela 8 Tabela comparativa entre as classificação de adaptabilidade pelo método centroide, em cada uma das três variáveis. ....	43

## LISTA DE SÍMBOLOS E ABREVIACÕES

ACP	Análise de componentes principais
AOAC	Official methods of analysis of the Association of Official Analytical Chemists
AMMI	Principais aditivos e interação multiplicativa (“Additive Main Effects and Multiplicative Interaction”)
C	Componente
CUG	Campus Universitário de Gurupi
CV	Coeficiente de Variação
GxA	Genótipos x ambientes
G.L.	Grau de Liberdade
IBGE	Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística
IDIS	Incidência de danos causados por insetos de solo
LASPER	Laboratório de Sistemas de Produção de Energia a Partir de Fontes Renováveis
m	Metros
mm	Milímetros
PT	Produtividade total de raízes
QM	Quadrado Médio
t.ha <sup>-1</sup>	Tonelada por hectare
TMS	Teor de matéria seca
TO	Tocantins
UFT	Universidade Federal do Tocantins

## 1. INTRODUÇÃO GERAL

Com as fortes evidências das mudanças climáticas e associadas à perspectiva do fim do petróleo em 2050, a busca por novas fontes de matéria-prima para produção de etanol passou a ser uma prioridade internacional, que certamente irá redefinir um novo posicionamento geopolítico, em função da entrada dos países na rota de produção dos biocombustíveis (SILVEIRA, 2008).

No Brasil, a tendência de expansão das fontes de biomassa para a produção de etanol vem aumentando cada vez mais com a finalidade de substituir os derivados de petróleo, em razão dos altos custos de obtenção e danos ambientais que vem ocasionando (SILVA, 2010).

Na região Norte e no Tocantins existem diversas fontes que podem ser utilizadas como matéria – prima com potencialidade para a produção de energia renovável. Dentre as fontes podemos citar a batata-doce que pode se constituir numa grande alternativa para produção de álcool, uma vez que o uso de sua biomassa energética poderá aumentar a oferta de empregos, riqueza no campo e incentivar a agricultura familiar, além de reduzir o gasto com divisas na importação de petróleo e contribuir na redução do efeito estufa ao substituir os combustíveis fósseis (MOMENTÉ *et al.*, 2004, SILVA, 2010).

A batata-doce (*Ipomoea batatas* (L.) Lam.) é uma espécie pertencente à família Convolvulaceae originária da América do Sul, e possui uma ampla adaptação às condições climáticas do Brasil, especialmente no estado do Tocantins. Atualmente é a sexta cultura alimentícia mais importante do mundo, com produção global por ano de mais de 105 milhões de toneladas. Apresenta grande aceitação popular e relevância econômica, pois apesar do baixo custo de produção, quando bem conduzida, oferece retorno relativamente alto, sendo cultivada principalmente por pequenos agricultores (CARMONA, 2015).

O Brasil é o 18º maior produtor mundial de batata-doce, com uma produção anual em 2013 de 505.350 t, obtida em uma área plantada de 39.393 ha (FAO, 2015; IBGE, 2013). Embora o Nordeste apresente a maior área plantada, com 40,2% seu rendimento médio de 9,43 t.ha<sup>-1</sup> é baixo quando comparado com o da região Sul, com uma produtividade média de 14,35 t.ha<sup>-1</sup>, que representa 44,98% da produção nacional, obtida em uma área plantada de 15.835 ha. Já as regiões Sudeste, Centro-Oeste e Norte,

apresentam, respectivamente, rendimentos médios por área do país, com 17,39 t.ha<sup>-1</sup>, 31,53 t.ha<sup>-1</sup> e 12,46 t.ha<sup>-1</sup> de acordo com dados do IBGE (2013).

No Brasil, seu cultivo está presente em todo seu território, o que se deve, além da riqueza nutricional, à ampla adaptação a diferentes tipos de solo e clima, à facilidade de cultivo e manutenção, à possibilidade de mecanização, à proteção do solo, à tolerância à seca, à incidência de pragas ou doenças limitantes, a resposta à aplicação de fertilizantes, à alta eficiência fotossintética e à baixa exigência em manejo (SILVA *et al.*, 2004; ROESLER *et al.*, 2008; FELTRAN e FABRI, 2010; ANDRADE JÚNIOR *et al.*, 2012).

A maioria das cultivares de batata-doce no Brasil era desenvolvida objetivando o consumo in natura, tornando um dos primeiros entraves para a recomendação da batata-doce como fonte de matéria-prima, devido a sua baixa produtividade (11 a 13 t.ha<sup>-1</sup>) (MOMENTÉ *et al.*, 2004). Mesmo assim, Araújo *et al.* (1978) produziram álcool para fins industriais, com rendimento médio em laboratório de 158 litros de álcool por tonelada de raiz, utilizando a batata-doce como matéria-prima.

Cada vez mais pesquisas são desenvolvidas visando uma maior produtividade de batata-doce, por se tratar de uma cultura promissora para abastecer o mundo de distintas formas, especialmente com o foco nas cadeias de agroenergia (produção de bioetanol combustível) e especialmente na agricultura familiar (CASTRO & EMYGDIO, 2009).

Apesar de diversas pesquisas de melhoramento genético da batata – doce para fins industriais, existem fatores relacionados à queda na produtividade, que estão ligados ao uso de cultivares ultrapassadas, suscetíveis a insetos de solo e aos nematoides de galhas (MIRANDA *et al.*, 1995; PEIXOTO *et al.*, 1999; CARDOSO *et al.*, 2005).

O controle químico da praga tem se mostrado inviável, principalmente devido ao elevado custo e inexistência de produtos registrados para a cultura (FRANÇA; RITSCHER, 2002). No entanto, a utilização de cultivares resistentes é o mais utilizado. Desde a década de 1980, trabalhos visando a seleção de germoplasmas resistentes se tornaram mais frequentes (PEIXOTO *et al.*, 1999; AZEVEDO, 1995; WANDERLEY *et al.*, 2004). Uma grande razão para isso é o fato do controle por meio de cultivares resistentes não onerar o produtor, reduzindo o seu custo de produção em relação ao cultivo utilizando defensivos ou controle biológico, além de não ser agressivo ao meio ambiente.

No Estado do Tocantins, o Laboratório de Sistemas de Produção de Energia a Partir de Fontes Renováveis – LASPER/UFT, visando à produção de etanol, desenvolveu 10 novas cultivares, cuja característica mais importante era o elevado teor de matéria seca. Isso se deve ao fato de que a indústria efetuará o pagamento não pela tonelada de raiz,

mas pelos teores de amidos, altamente correlacionado com a matéria seca (SILVEIRA, 2008).

No entanto todo programa de melhoramento genético, além das características citadas, busca-se genótipos altamente produtivos, estáveis e com ampla adaptação. Contudo observa-se com frequência que muitos genótipos, senão a grande maioria, apresentam respostas distintas em relação aos ambientes em que ocorre a avaliação/seleção, o que de certa forma restringe a indicação dessas novas cultivares (SILVEIRA, 2011).

Para a indicação dessas novas cultivares é necessário a existência de variabilidade genética, cuja determinação poderá ser inferida por vários métodos. A escolha do método mais adequado tem por base a precisão desejada, a facilidade da análise e da forma como os dados foram obtidos. Diferentes metodologias para avaliar a variabilidade genética têm sido desenvolvidas e, ou, aprimoradas. Tais procedimentos se baseiam em análise de variância, regressão linear e não linear, análises multivariadas e estatísticas não paramétricas (CRUZ & CARNEIRO, 2006).

Estudos dessa natureza são importantes para estimar a estabilidade e adaptabilidade de plantas, uma vez que fornecem informações sobre o comportamento de cada genótipo pela variação do ambiente (SILVA E DUARTE, 2006).

Para o estudo da adaptabilidade e estabilidade fenotípica de genótipos, há mais de uma dezena de metodologias de análises destinada à avaliação de um grupo de materiais genotípicos testados numa série de ambientes. Essas metodologias são fundamentadas na existência das interações e distinguem-se dos conceitos de estabilidade adotados e de certos princípios estatísticos empregados (CRUZ, 2003).

O método centroide (Rocha et al., 2005) permite o direcionamento dos genótipos em relação à variação ambiental, dispensa a análise de vários parâmetros, como a que ocorre nos métodos baseados em regressão, e não possibilita a duplicidade de interpretação.

Com esse trabalho, objetivou-se avaliar a desempenho agrônomico de genótipos de batata-doce com aptidão à produção de etanol combustível e estimar a adaptabilidade dos genótipos de batata-doce selecionados em quatro épocas de cultivo na região Sul do Tocantins.

## 2. REFERENCIAL TEÓRICO

### 2.1.Importância econômica e energética da batata-doce

A batata-doce (*Ipomoea batatas* L.) é cultivada em 111 países. Sendo a sexta cultura alimentícia mais importante do mundo, com produção global por ano de mais de 105 milhões de toneladas, 95% das quais são cultivadas em países em desenvolvimento (CIP, 2015). A China destaca-se como o maior produtor mundial com mais de 4,7 milhões de hectares cultivados, com produtividade média de 21,3 t.ha<sup>-1</sup> de raízes (FAO, 2012). O Brasil é o 18º maior produtor mundial de batata-doce e o principal produtor no continente sul americano, obtendo em 2013, produção de 505.350 t, obtida em uma área plantada de 39.393 ha (FAO, 2012; IBGE, 2013). Ressaltando que conforme Lasmar *et al.* (2008), a situação brasileira em relação à batata-doce é de sub-oferta e sub-consumo.

A batata-doce é considerada um alimento energético, apresentando, nas raízes, entre 16% e 40% de massa seca, dos quais de 75% a 90% são carboidratos compostos por açúcar, celulose, pectina e hemicelulose (BOUWKAMP, 1985). Quando comparada com outras espécies vegetais amiláceas, possui maior teor de matéria seca, carboidratos, lipídeos, cálcio e fibras que a batata inglesa, mais carboidratos e lipídeos que o inhame e mais proteína que a mandioca (SILVA *et al.*, 2002). Contém de 59,1 a 77,7% de umidade, de 13,4% a 29,2% de amido, de 2,0% a 2,9% de proteínas, de 0,6% a 1,7% de cinzas, de 1,3% a 3,8% de fibra bruta e de 0,3% a 3,8% de matéria graxa (KOHYAMA; NISHINARI, 1992.)

Quando comparada com culturas como arroz, banana, milho e sorgo, a batata-doce é mais eficiente em quantidade de energia líquida produzida por unidade de área e por unidade de tempo. Isso ocorre porque produz grande volume de raízes em um ciclo relativamente curto, a um custo baixo, durante o ano inteiro (SILVA *et al.*, 2002).

Esta cultura, apresenta grande aceitação popular e relevância econômica por adaptar-se às mais diversas condições ambientais e crescer em áreas com solos pobres, de fertilidade limitada e com baixa umidade (FILGUEIRA, 2008), apresentando baixo custo de produção, quando bem conduzida, oferece retorno relativamente alto, sendo cultivada principalmente por pequenos agricultores.

No entanto, a batata – doce adapta-se melhor a áreas tropicais. Nessas regiões, além de constituir alimento humano como fonte de energia e de proteínas, a batata-doce tem grande importância na alimentação animal e na produção industrial de farinha e

amido. A utilização de batata-doce na alimentação animal é expressiva, devido ao alto valor energético e elevado potencial de proteína, tendo em média 11% na matéria seca de ramas e elevado potencial energético em suas raízes. Apesar de pouco usada, a batata-doce apresenta grande potencial de uso para a produção de etanol. Possuindo amido de alta qualidade e apresenta 14,72% de amido (base úmida), e rendimento potencial de amido de 2,9 t.ha<sup>-1</sup> (GONÇALVES NETO *et al.*, 2012). Fator importante quando se deseja a obtenção de etanol a partir de batata-doce.

Também pode-se destacar é a produtividade de raízes tuberosas. Estudos conduzidos por Silveira *et al.* (2002) indicam resultados promissores no processo de seleção de clones com produtividade entre 28 e 65 t.ha<sup>-1</sup> nas condições edafoclimáticas do estado do Tocantins.

Em média, uma tonelada de batata-doce rende até 180 litros de álcool e 300 quilos de resíduo, que pode ser utilizado para produção de farinha e de ração animal (DCI, 2015). A cana-de-açúcar, principal matéria-prima do álcool produzido no Brasil, tem um rendimento médio de 86 litros por tonelada. Além disso, Rodrigues *et al.* (2009), relatou que a análise da cadeia produtiva do etanol a partir da batata-doce apresenta maior vantagem do que o da cana-de-açúcar na produção primária. Podendo ser relacionado pelo seu curto ciclo reprodutivo (4 a 6 meses), enquanto a cana-de-açúcar possui ciclo reprodutivo de (12 a 18 meses) e a mandioca (10 a 20 meses) (SOUZA, 2005).

## 2.2.O melhoramento genético da batata-doce

De uma forma geral, a batata-doce é uma cultura amplamente disseminada nas diversas regiões do Brasil, apresentando grande variabilidade genotípica, mantidas por produtores e comunidades indígenas isoladas que utilizam variedades regionais não melhoradas e que, em média, atingem baixos rendimentos. Muitas vezes, uma mesma cultivar recebe nomes diferentes de região para região; em outras, cultivares diferentes recebem um nome comum, encobrendo materiais de diferente constituição genética (CARDOSO *et al.*, 2005).

O desenvolvimento e avaliação de materiais melhorados, que atendam à demanda dos produtores e consumidores, são etapas inerentes ao programa de melhoramento; pode, entretanto, ocorrer a introdução de variedades de outras regiões do País, que, segundo Allard (1971), constitui uma forma de melhoramento.

A utilização eficiente dessa variabilidade genética da batata-doce depende, entre outros fatores, de uma coleção de germoplasma bem mantida e com a caracterização de cada acesso; além desse aspecto, são necessários ensaios para avaliação dos melhores materiais, conduzidos em condições representativas de cultivo (HERSEY & AMAYA, 1982).

A estimativa de parâmetros genéticos é de grande importância para o melhoramento genético, onde sua determinação pode reduzir o tempo gasto para produzir uma variedade, além de subsidiar o planejamento de eficientes estratégias de melhoramento. Assim, faz-se necessário o conhecimento das relações genéticas entre genótipos, uma vez que este conhecimento serve de base para a tomada de decisão na seleção de genótipos mais promissores (ALLARD, 1971).

No entanto, de acordo com Freitas *et al.* (2001), os trabalhos de melhoramento genético da batata-doce no Brasil, com vistas à obtenção de cultivares resistentes à nematoides, não se limitam à identificação e seleção de clones mais resistentes, embora esta seja uma etapa preliminar em estudos desta natureza. Sucessivos ciclos de intercruzamentos, avaliações e seleções também são realizados em programas de melhoramento genético da cultura.

No estado de Tocantins, a Universidade Federal de Tocantins (UFT) vem desenvolvendo um programa de melhoramento de batata-doce, iniciado em 1997, voltado especialmente para energia. Neste programa foram selecionados genótipos de alta produtividade e teor de amido nas raízes, os quais foram avaliados, durante cinco anos, quanto à produtividade de raízes, ao teor de matéria seca e amido e ao rendimento de etanol. Destacaram-se as cultivares Duda (65,5 t ha<sup>-1</sup> de raízes, 40,4% de matéria seca, 24,4% de amido e 10.467 ha<sup>-1</sup> de etanol), Beatriz (43 t ha<sup>-1</sup> de raízes, 33,2% de matéria seca, 26,2% de amido e 7.436 ha<sup>-1</sup> de etanol), Ana Clara (45,7 t ha<sup>-1</sup> de raízes, 35,4% de matéria seca, 23,4% de amido e 7.058 ha<sup>-1</sup> de etanol), Amanda (46,7 t ha<sup>-1</sup> de raízes, 32,4% de matéria seca, 21,4% de amido e 6.595 ha<sup>-1</sup> de etanol) e Julia (40,6 t ha<sup>-1</sup> de raízes, 37,4% de matéria seca, 24,6% de amido e 6.585 ha<sup>-1</sup> de etanol), com custo de produção médio de R\$ 0,42 por litro de etanol produzido (SILVEIRA, 2008).

Esses programas são bastante importantes, pois a indisponibilidade de novas cultivares acarreta na queda de produtividade da cultura. Uma vez que a principal forma de propagação no cultivo comercial ou industrial é a vegetativa, a retirada contínua de ramos de um mesmo clone durante gerações acabam levando ao acúmulo sistêmico de doenças, levando a perda do vigor do genótipo. Além disso, com o passar do tempo essas

variedades ficam obsoletas, suscetíveis a pragas e doenças, contribuindo ainda mais para a queda na produtividade da cultura.

Desta maneira, é de grande importância e necessário o aumento das pesquisas no país visando à caracterização de novas fontes de variabilidade para a espécie e o desenvolvimento de novas variedades de batata-doce (MASSAROTO, 2008).

### 2.3. Interação genótipos x ambientes (GXA)

O caráter de um indivíduo é o conjunto de informações biológicas que o identifica e as diferentes manifestações de um dado caráter definem o fenótipo. O fenótipo por sua vez, é influenciado pelo genótipo, que é a constituição genética de um indivíduo, e pelo ambiente que pode ser definido como o conjunto das condições que afetam o crescimento e desenvolvimento do organismo (CRUZ; CARNEIRO, 2006).

Entretanto, quando se considera uma série de ambientes, detecta-se, além dos efeitos genéticos e ambientais, um efeito adicional, proporcionado pela interação dos mesmos, que resulta na resposta diferencial dos genótipos à variação ambiental, alterando os valores fenotípicos. (CRUZ; CARNEIRO, 1994).

Portanto, os efeitos significativos de interações GxA aumentam o grau de dificuldade no sentido de identificar os genótipos superiores com ampla adaptabilidade na seleção e indicação de cultivares. Para minimizar os efeitos da interação GxA, visando obter maior segurança na seleção e na indicação de cultivares, é aconselhável avaliar os genótipos no maior número de ambientes possíveis (CRUZ *et al.*, 2001). Pois a avaliação da interação GxA tem grande importância no melhoramento, uma vez identificada, existe possibilidades de o melhor genótipo em um ambiente não ter as mesmas características favoráveis em outro. Este fato influencia o ganho de seleção e dificulta a recomendação de cultivares com ampla adaptabilidade.

Pela importância desta interação, cabe ao melhorista avaliar sua magnitude e significância, quantificar seus efeitos sobre as técnicas de melhoramento e estratégias de difusão de tecnologia e fornecer subsídios que possibilitem adotar procedimentos para sua minimização e, ou, seu aproveitamento.

### 2.4. Adaptabilidade e estabilidade

Estudos a respeito da interação genótipos x ambientes, apesar de serem de grande importância para o melhoramento, não proporcionam informações detalhadas sobre o comportamento de cada genótipo frente às variações ambientais. Para tal objetivo, realizam-se análises de adaptabilidade e estabilidade, pelas quais torna-se possível a identificação de cultivares com comportamento previsível e que sejam responsivos às variações ambientais, em condições específicas ou amplas (CRUZ *et al.*, 2004).

Muitos autores consideram que a avaliação de genótipos visando à identificação e recomendação de materiais superiores em diferentes ambientes como uma das etapas mais importantes de um programa de melhoramento (NUNES *et al.*, 2002, FARIAS *et al.*, 1997). A recomendação de plantas ou cultivares superiores normalmente é feita considerando duas estratégias principais: primeira, identificação dos genótipos de adaptabilidade geral visando à recomendação a conjunto de ambientes heterogêneos, segundo recomendação de indivíduos adaptados a ambientes específicos visando a capitalizar o efeito da interação.

Sobre o conceito de adaptabilidade e estabilidade fenotípica encontram-se na literatura diversos termos. De acordo com Verma *et al.* (1978), o qual define a adaptabilidade como sendo a capacidade dos genótipos apresentarem rendimentos elevados e constantes em ambientes desfavoráveis e, além disso, com habilidade responder positivamente às condições ambientais favoráveis. Enquanto isso, Mariotti *et al.* (1976) definem a estabilidade como sendo a capacidade dos genótipos apresentarem comportamento previsível em relação às variações ambientais. Já Borém e Miranda (2005), dizem que a estabilidade refere-se à capacidade de uma cultivar de apresentar um comportamento altamente previsível, mesmo em condições de variações ambientais.

Para o estudo da adaptabilidade e estabilidade fenotípica de genótipos, há mais de uma dezena de metodologias de análises destinada à avaliação de um grupo de materiais genotípicos testados numa série de ambientes. Entre elas as análises de variância, regressão linear, regressão não-linear, análises multivariadas e modelos não-paramétricos (CRUZ; CARNEIRO, 2006). Essas metodologias são fundamentadas na existência da interações e distinguem-se dos conceitos de estabilidade adotados e de certos princípios estatísticos empregados. A escolha de um método de análise depende dos dados experimentais, principalmente os relacionados com o número de ambientes disponíveis, da precisão requerida e do tipo de informação desejada. Deve-se também considerar que alguns métodos são alternativos, enquanto outros são complementares, podendo ser utilizados conjuntamente. (CRUZ; CARNEIRO, 1994)

Diversos métodos têm sido propostos para investigar a adaptabilidade e estabilidade fenotípica. A diferença entre eles origina-se nos próprios conceitos e procedimentos biométricos para medir a interação GxA. Destacam-se os procedimentos baseados na variância da interação GxA; regressão linear simples e múltipla; regressão quadrática; modelos não lineares.

#### 2.4.1. Método Centroide

O método centroide é uma técnica multivariada de componentes principais que permite a obtenção de um número reduzido de variáveis abstratas e independentes visando a representar em ordem de estimação o máximo da variação total contida nas variáveis originais. A sua principal característica é permitir a redução da dimensionalidade do conjunto de dados com mínima perda da informação (Cruz e Regazzi, 2001).

O método centroide (Rocha *et al.*, 2005) consiste da comparação de valores de distância cartesiana entre os genótipos e quatro referências preestabelecidas (ideótipos), criadas com base nos dados experimentais, cujos valores médios, em cada ambiente, são dados por: C1, ideótipo 1 (máxima adaptabilidade geral), cujos valores em cada ambiente são representados pelos máximos obtidos a partir do conjunto de genótipos estudado; C2, ideótipo 2 (máxima adaptabilidade específica a ambientes favoráveis), cujos valores nos ambientes favoráveis são representados pelos máximos e nos desfavoráveis, pelos mínimos obtidos no conjunto de genótipos estudado; C3, ideótipo 3 (máxima adaptabilidade específica a ambientes desfavoráveis), cujos valores nos ambientes favoráveis são representados pelos mínimos e nos desfavoráveis, pelos máximos obtidos no conjunto de genótipos estudado; C4, ideótipo 4 (mínima adaptabilidade), cujos valores, em cada ambiente, são representados pelos mínimos obtidos no conjunto de genótipos estudado.

Entretanto, como originalmente proposto, o método restringe a classificação nas classes de alto e baixo desempenho, assim Nascimento *et al.* (2009) propõem uma adaptação que torna o método mais abrangente. Apesar da grande facilidade de recomendação proporcionada pelo método centroide, ele tem como pressuposto a existência de genótipos com desempenho elevado em determinado ambiente e muito baixo em outro. Esse fato não considera a possibilidade de existência de genótipos com desempenhos alto e médio ou baixo e médio. A polarização nas classes alto e baixo pode

não ser observada em condições experimentais, principalmente em análises de caracteres quantitativos.

Portanto, Nascimento *et al.*, (2009) propôs a modificação ao método centroide (ROCHA, 2005) que consistiu na adição de três novos ideótipos (centroides), também criados com base nos dados experimentais, cujos valores médios para cada ambiente seriam dados por: C5, ideótipo 5 (média adaptabilidade geral), cujos valores, em cada ambiente, são representados pelas médias obtidas pelo conjunto de genótipos estudado; C6, ideótipo 6 (média adaptabilidade específica a ambientes favoráveis), cujos valores nos ambientes favoráveis são representados pelos valores máximos e, nos desfavoráveis, pelas médias obtidas pelo conjunto de genótipos estudado; C7, ideótipo 7 (média adaptabilidade específica a ambientes desfavoráveis), cujos valores, nos ambientes favoráveis, são representados pelas médias e, nos desfavoráveis, pelos valores máximos obtidos pelo conjunto de genótipos estudado. A partir desse ponto, procede-se à análise como no método centroide original.

### 3. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ALLARD, R. W. **Princípios de melhoramento genético das plantas**. São Paulo: Edgard Blucher, 1971.

ANDRADE JÚNIOR V.C.; VIANA D.J.S; PINTO NAVD; RIBEIRO KG; PEREIRA RC; NEIVA IP; AZEVEDO AM; ANDRADE P.C.R.. Características produtivas e qualitativas de ramos e raízes de batata-doce. **Horticultura Brasileira**. v. 30: 584-589. 2012

ARAÚJO, N. Q. *et al.* **Batata-doce: parâmetros preliminares na tecnologia de produção de etanol**. 1978, 11 p.

AZEVEDO, S.M. **Avaliação de famílias de meios-irmãos de batata-doce [Ipomoea batatas (L) Lam.] quanto à resistência aos nematóides do gênero Meloidogyne e aos insetos de solo**. 1995. 61p. Dissertação (Mestrado em Fitotecnia) - Universidade Federal de Lavras, Lavras, 1995.

BORÉM, A.; MIRANDA, G. V. **Melhoramento de plantas**. 5. ed. Viçosa, MG: Ed. UFV. 525 p. 2005

BOUWKAMP, J. C. Sweet potato products: a natural e resource for the tropics. **Davis: Library of Congress Cataloging**, 271 p. 1985.

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, n.4, p. 911-914, out./dez. 2005.

CARMONA P.A.O.; PEIXOTO JR; AMARO G.B.; MENDONÇA M.A. 2015. Divergência genética entre acessos de batata-doce utilizando descritores morfoagronômicos das raízes. **Horticultura Brasileira** 33: 241-250. DOI - Disponível em: <<http://dx.doi.org/10.1590/S0102-053620150000200017>>. Acesso em: 29 de maio de 2015.

CASTRO, L.A.S. e EMYGDIO, B.M. **Batata-doce para produção de biocombustível**. 2009. Infobibos - Informações Tecnológicas. Disponível em: <[http://www.infobibos.com/Artigos/2009\\_4/BatataDoce/index.htm](http://www.infobibos.com/Artigos/2009_4/BatataDoce/index.htm)>. Acesso em: 10 jun. 2015.

CIP (CENTRO INTERNACIONAL DE LA PAPA). 2015. **Sweetpotato**. Disponível em: <<http://www.cipotato.org>>. Acesso em: 29 de maio de 2015.

CRUZ, C.D.; CARNEIRO, P.C.S. **Modelos biométricos aplicados ao melhoramento genético**. Viçosa: UFV, v.2, 390 p. 1994.

CRUZ, C.D.; REGAZZI, A.J.; **Modelos Biométricos aplicados ao melhoramento genético**, 2. ed.rev., Viçosa: UFV, 390 p., 2001.

CRUZ, C.D.; CARNEIRO, P.C.S. **Modelos biométricos aplicados ao melhoramento genético**. Viçosa: UFV, v.2. 585p. 2003.

CRUZ, C.D.; REGAZZI, A.J.; CARNEIRO, P.C.S. **Modelos biométricos aplicados ao melhoramento genético**, 3ª ed. Viçosa: UFV, 480p. 2004.

CRUZ, C. D.; CARNEIRO, P. C. S. **Modelos biométricos aplicados ao melhoramento genético**. 2. ed. Viçosa: UFV, v. 2. 2006.

DCI. **Bioex mira exportar álcool de batata-doce em até dois anos**. Disponível em: <<http://www.dci.com.br/noticia>>. Acesso em: 21 agosto. 2015.

EBERHART, S.A.; RUSSELL, W. A. **Stability parameters for comparing varieties**. *Crop Science*, Madison, v. 6, n. 1, p. 36-40, 1966.

FAO - Food and Agriculture Organization of the United Nations. 2012. **FAOSTAT, estadísticas de producción de alimentos**. Disponível em: <http://faostat.fao.org/site/567/DesktopDefault.aspx?PageID=567#ancor>. Acessado em 29 de maio de 2015.

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

FILGUEIRA, F. A. R. Novo manual de olericultura: Agrotecnologia moderna na produção e comercialização de hortaliças. Viçosa: UFV. 421p. 2008.

FRANÇA, F.H.; RITSCHER, P.S. Avaliação de acessos de batata-doce para resistência à broca da raiz, crisomelídeos e elaterídeos. **Horticultura Brasileira**, Brasília, v.20, n.1, p.79-85, mar. 2002.

FREITAS, J.A.; SANTOS, G.C.; SOUZA, V.S. E AZEVEDO, S.M. Resistência de clones de batata-doce, *Ipomoea batatas* L., aos nematoides causadores de galhas. **Acta Scientiarum** Maringá, v. 23, n. 5, p. 1257-1261, 2001.

GONÇALVES NETO, A. C.; MALUF, W. R.; GOMES, L. A. A.; MACIEL, G. M. . Correlação entre caracteres e estimação de parâmetros populacionais para batata-doce. **Horticultura brasileira**, v. 30, n. 4, 2012.

HERSEY, C.; AMAYA, A. **Germoplasma de yuca: evolución, distribución y colección.** In: CENTRO INTERNACIONAL DE AGRICULTURA TROPICAL. **Yuca, investigación, producción y utilización.** Cali, 1982. p.77-89.

IBGE - Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. 2013. **Produção agrícola municipal: culturas temporárias e permanentes - PAM.** Disponível em: [http://biblioteca.ibge.gov.br/visualizacao/periodicos/66/pam\\_2013\\_v40\\_br.pdf](http://biblioteca.ibge.gov.br/visualizacao/periodicos/66/pam_2013_v40_br.pdf)  
Acessado em 01 de junho de 2015.

KOHYAMA, K.; NISHINARI, K. Cellulose derivatives effects on gelatinization and retrogradation of sweet potato starch. **Journal of Food Science**, Chicago, v. 57, n. 1, p. 128-131, Jan. 1992.

LASMAR, A.; MALUF, W. R.; MONTEIRO, A. B.; MACIEL, G. M.; LICURSI, E. L. C.; MORETTO, P.; LICURSI, V. Seleção de clones de batata-doce para consumo in

natura nas condições de Lavras-MG. **Horticultura Brasileira**, v. 26, p. S5944-S5947, 2008.

MARIOTTI, I.A.; OYARZABAL, E.S.; OSA, J.M.; BULACIO, A.N.R.; ALMADA, G.H. Análisis de estabilidad y adaptabilidad de genotipos de caña de azúcar. I. Interacciones dentro de una localidad experimental. **Revista Agronómica del Nordeste Argentino**, v.13, p.105-127. 1976.

MASSAROTO, J. A. **CARACTERÍSTICAS AGRONÔMICAS E PRODUÇÃO DE SILAGEM DE CLONES DE BATATA-DOCE**. 2008. 73 f. Tese (Doutorado) - Curso de Programa de Pós- Graduação em Agronomia, Universidade Federal de Lavras, Lavras - MG, 2008.

MIRANDA, J.E.C.; FRANÇA, F.H.; CARRIJO, O.A.; SOUZA, A.F.; PEREIRA, W.; LOPES, C.A.; SILVA, J.B.C. **A cultura da batata-doce**. EMBRAPA/CNPq, Brasília, 94p. 1995

MOMENTÉ, V. G. *et al.* **Seleção de Cultivares de Batata-Doce Adaptados à Produção de Biomassa, Via Programa de Melhoramento, Visando à Produção de Álcool no Estado do Tocantins**. 2004. Disponível em: <[http://www.abhorticultura.com.br/biblioteca/arquivos/Download/Biblioteca/44\\_313.pdf](http://www.abhorticultura.com.br/biblioteca/arquivos/Download/Biblioteca/44_313.pdf)>. Acesso em: 26 abr. 2015.

PEIXOTO, J.R.; SANTOS, L.C., RODRIGUES, F.A.; JULIATTI, F.C.; LYRA, J.R.M. Seleção de clones de batata-doce resistentes à insetos de solo. **Pesquisa Agropecuária Brasileira, Brasília**, v.34, n.3, p.385-389, mar. 1999.

RODRIGUES, W.; BERALDO, K. A.; SILVIEIRA, M. A. **Análise econômica da sustentabilidade da cadeia produtiva de etanol de batata-doce no Estado do Tocantins**. 47º congresso SOBER. Porto Alegre, p. 1-18. 2009..

ROESLER PVSO; GOMES SD; MORO E; KUMMER ACB; CEREDA MP. Produção e qualidade de raiz tuberosa de cultivares de batata-doce no Oeste do Paraná. **Acta Scientiarum** 30: 117-122. 2008.

SILVA, J. B. C.; LOPES, C. A.; MAGALHÃES, J. S. Cultura da batata-doce. In: CEREDA, M. P. (Org.). **Agricultura: tuberosas amiláceas latinoamericanas**. São Paulo: Fundação Cargill, 2002. v. 4, p. 448-504.

SILVA J.B.C.; LOPES C.A.; MAGALHÃES J.S. **Batata-doce (Ipomoea batatas)**. 2004. Embrapa Hortaliças. Versão Eletrônica. Sistemas de produção. Disponível em: <[http://sistemasdeproducao.cnptia.embrapa.br/FontesHTML/Batata-doce/Batata-doce\\_Ipomoea\\_batatas/introducao.html](http://sistemasdeproducao.cnptia.embrapa.br/FontesHTML/Batata-doce/Batata-doce_Ipomoea_batatas/introducao.html)> Acessado em 08 de novembro de 2014.

SILVA, J. C. **PERFORMANCE AGRONÔMICA DE GENÓTIPOS DE BATATA-DOCE OBTIDOS DE SEMENTES BOTÂNICA COM POTENCIAL PARA PRODUÇÃO DE ETANOL**. 2010. 56 f. Dissertação (Mestrado) - Curso de Mestrado em Produção Vegetal, Uft, Gurupi - To, 2010. Disponível em: <[http://www.site.uft.edu.br/producaovegetal/dissertacoes/JUCIELLE\\_CARDOSO\\_DA\\_SILVA.pdf](http://www.site.uft.edu.br/producaovegetal/dissertacoes/JUCIELLE_CARDOSO_DA_SILVA.pdf)>. Acesso em: 15 jun. 2015.

SILVEIRA, Luís Cláudio Inácio da. **ADAPTABILIDADE E ESTABILIDADE DE CLONES DE CANA-DE-AÇÚCAR NO ESTADO DE MINAS GERAIS**. 2011. 60 f. Dissertação (Mestrado) - Curso de Pós-graduação em Agronomia, Universidade Federal do Paraná, Curitiba, 2011.

SILVEIRA, M.A. et. al. Resistência de clones de batata-doce coletados no Estado do Tocantins a insetos de solo e nematóides causadores de galhas. **Horticultura Brasileira**. V. 20, n. 2, jul., Suplemento 2. 2002.

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

SOUZA, A. F. B. C. **Avaliação do processo de hidrólise e fermentativo de biomassa de batata-doce (*Ipomoea batatas* (L.) Lam) por meio de células imobilizadas para a produção de etanol**. 2005. 80 f. Dissertação (Mestrado em Ciências do Ambiente) - Universidade Federal do Tocantins, Palmas, 2005.

VERMA, M.M.; CHAHAL, G.S.; MURTY, B.R. Limitations of conventional regression analysis: a proposed modification. **Theoretical Applied Genetics**, v.53, p.89-91. 1978.

WANDERLEY, M.J.A.; SANTOS, J.M. Resistência de cultivares de batata-doce a *Meloidogyne incognita*. **Fitopatologia Brasileira**, v.29, n.4, p.437-440, 2004.

## CAPÍTULO I

### Caracterização agrônômica de genótipos de batata-doce do Sul do Estado do Tocantins

### Agronomic characterization of sweet potato genotypes in the South of the State of Tocantins

#### RESUMO

A produção de álcool biocombustível a partir da batata-doce é uma alternativa muito promissora, sendo para essa finalidade, pouca utilizada no Brasil. Este trabalho teve como objetivo avaliar o desempenho agrônômico de genótipos de batata-doce para produção de etanol. O experimento foi instalado em delineamento de blocos casualizados com três repetições, sendo avaliados 16 genótipos de batata-doce e uma testemunha cultivar, Ana Clara. A colheita foi realizada 150 dias após o plantio e as características avaliadas foram: produtividade total ( $t\ ha^{-1}$ ); teor de massa seca (%) e incidência de danos causados por insetos do solo. Constatou-se diferença significativa para a produtividade total e teor de matéria seca. Os genótipos BDGU#57, BDGU#11, BDGU#35 e BDGU#36, dentre os genótipos estudados, são os mais produtivos, portanto promissores a produção de etanol combustível. No entanto, os genótipos BDGU#40, BDGU#38 e BDGU#36 foram o que apresentaram maiores teores de matéria seca. Na variável incidência de danos causados por insetos de solo o genótipo BDGU#93, dentre os genótipos avaliados, é o mais tolerante a incidência de danos causados por insetos de solo.

**Palavras-chave:** *Ipomoea batatas* L., produtividade, teor de massa seca e insetos de solo.

#### ABSTRACT

The production of biofuel ethanol from sweet potato is a very promising alternative, and it is little used in Brazil for this purpose. This study aimed to evaluate the agronomic performance of sweet potato genotypes to produce ethanol. The experiment was installed in randomized block design with three replications, 16 sweet potato genotypes and one witness, Ana Clara. Plants were harvested 150 days after planting and the examined characteristics were total productivity ( $t\ ha^{-1}$ ); dry matter content (%) and the incidence

of damage caused by soil insects. It was found a significant difference to the total productivity and the dry matter content. The genotypes BDGU#57, BDGU#11, BDGU#35 and BDGU#36 among the examined genotypes, are the most productive, thus promising the production of fuel ethanol. However, the genotypes BDGU#40, BDGU#38 and BDGU#36 were the ones that had higher dry matter. In the IDIS variable, the genotype BDGU#93, among the examined genotypes, is the most tolerant to the incidence of damage caused by soil insects.

**Key-words:** *Ipomoea potatoes*, productivity, dry matter content and soil insects.

## 1. INTRODUÇÃO

A batata-doce, *Ipomoea batatas* L., é uma cultura muito popular e apreciada em todo o país, sendo cultivada principalmente por pequenos produtores (SOUZA, 2000). É uma planta de variados usos, da qual todas suas partes são aproveitáveis e, além de ser utilizada na alimentação humana e animal, como matéria-prima nas indústrias de alimento, tecido, papel, cosmético, sendo também uma importante alternativa para a produção de biocombustíveis (álcool) (MOMENTÉ *et al.*, 2004).

A produção de álcool biocombustível a partir da batata-doce é uma alternativa muito promissora, sendo para essa finalidade, pouca utilizada no Brasil. Entretanto, é umas das culturas mais eficientes na conversão de energia solar em energia química, o que a faz, um dos maiores potenciais de uso para a produção de bioetanol (SILVEIRA, 2008).

Segundo Silveira (1993), o Brasil possui um vasto germoplasma de batata-doce, mantido por pequenos agricultores, comunidades indígenas e, até mesmo, em hortas domésticas que pode ser avaliado, selecionando-se os mais adequados. Consequentemente gerando uma grande variabilidade genética. Essa variabilidade é reconhecida na literatura, onde o Brasil é citado como um dos centros secundários da espécie (RITSCHER *et al.*, 1999).

A utilização eficiente dessa variabilidade genética da batata-doce depende, entre outros fatores, de uma coleção de germoplasma bem mantida e com a caracterização de cada acesso; além desse aspecto, são necessários experimentos para avaliação dos

melhores materiais, conduzidos em condições representativas de cultivo (HERSEY e AMAYA, 1982).

Diversas pesquisas estão sendo desenvolvidas visando o melhoramento genético de batata-doce. Pois a indisponibilidade de novas cultivares acarreta na queda de produtividade da cultura. Uma vez que a principal forma de propagação no cultivo comercial é a vegetativa, a retirada contínua de ramos de um mesmo clone durante gerações acabam levando ao acúmulo sistêmico de doenças, levando a perda do vigor do genótipo. Além disso, com o passar do tempo essas variedades ficam obsoletas, suscetíveis a pragas e doenças, contribuindo ainda mais para a queda na produtividade da cultura.

Apesar dessas pesquisas, mesmo com esforços valorosos dos melhoristas, verifica-se a necessidade de trabalhos que desenvolvam genótipos voltados a indústria, em especial, aqueles que têm como objetivo a obtenção de genótipos com elevado potencial na produção de etanol.

Com isso, objetivou-se com esse trabalho avaliar o desempenho agrônomo de genótipos de batata-doce com aptidão à produção de etanol combustível.

## 2. MATERIAL E MÉTODOS

O trabalho foi realizado na estação experimental do Campus Universitário de Gurupi - CUG da Universidade Federal do Tocantins, localizada na latitude sul 11° 43' 45" e longitude oeste 49° 04' 07" com altitude média de 280 m. Apresenta precipitação média anual em torno de 1600 mm.ano<sup>-1</sup> e temperatura máxima de 26°C e mínima de 24°C. O solo foi classificado como Latossolo Vermelho Amarelo (EMBRAPA, 2006).

O experimento foi instalado em delineamento blocos casualizados com três repetições, sendo avaliados 16 genótipos de batata-doce e uma testemunha cultivar, Ana Clara. Os 16 genótipos são clones experimentais avançados pertencentes ao Banco de Germoplasma do LASPER (Laboratório de Sistemas de Produção de Energia a partir de Fontes Renováveis), que são: BDGU#04, BDGU#10, BDGU#11, BDGU#16, BDGU#35, BDGU#36, BDGU#38, BDGU#40, BDGU#51, BDGU#57, BDGU#58, BDGU#59, BDGU#78, BDGU#88, BDGU#89 e BDGU#93. A parcela experimental foi formada por 6 plantas, com espaçamento de 0,45 m x 1,00 m (entre camaleões e entre plantas dentro de cada camaleão, respectivamente), sendo utilizadas nas avaliações quatro plantas centrais.

Foram utilizados todos os tratos culturais necessários para batata-doce conforme a recomendação da cultura. A safra utilizada no presente trabalho foi a 2013/2014. A colheita foi realizada 150 dias após o plantio e foram mensuradas as seguintes variáveis:

- i. Produtividade (t ha<sup>-1</sup>), que foi calculada após a pesagem de todas as raízes da parcela útil em balança de precisão;
- ii. Teor de matéria seca, realizada de acordo com a metodologia proposta por AOAC (1975);
- iii. Severidade de danos causados por insetos de solo, segundo escala de notas estabelecida por França (1995), com adaptações, variando de 1 a 5, em que; Nota 1: correspondeu às raízes livres de danos causados por insetos; Nota 2: raízes com poucos e quase imperceptíveis danos; Nota 3: raízes com danos em maior intensidade e facilmente visualizados; Nota 4: raízes com muitos danos mas ainda apta para o consumo e/ou processamento; e Nota 5: raízes inaceitáveis para o consumo e até mesmo para processamento industrial. Foram considerados resistentes a severidade de insetos, os genótipos com notas entre 1 e 2; moderadamente resistentes, com notas próximo de 3; e suscetíveis, com notas entre 4 e 5. As notas foram atribuídas por três avaliadores devidamente treinados.

A análise estatística foi realizada por meio do programa GENES (CRUZ, 2013). E a análise de variância utilizando-se o teste de F e as médias foram agrupadas pelo teste de Scott-Knott ( $p \leq 0,01$ ).

### 3. RESULTADOS E DISCUSSÕES

Foram constatadas diferenças significativas apenas para a variável incidência danos causados por insetos de solo (IDIS) conforme Tabela 1. Para as variáveis: produtividade total de raízes (PT) e teor de matéria seca (TMS) ( $p \leq 0,01$ ), não houve diferença significativa.

Tabela 1: Resumo da análise de variância para produtividade total de raiz ( $t \cdot ha^{-1}$ ), incidência de danos provocados por insetos do solo (IDIS) e teor de matéria seca (TMS).

Fontes de Variação	G.L.	PT	IDIS	TMS
		( $t \cdot ha^{-1}$ )	QM	(%)
Blocos	2	230,20	0,0784	4,6190
Genótipos	16	58,74 NS	0,6275*	3,6734NS
Resíduo	32	32,99	0,2451	7,0778
Média		38,70	2,86	34,01
CV (%)		14,84	17,29	7,82

\*\*, \* e ns: significativo, a 5% e 1% e não significativo, de probabilidade, pelo teste de F, respectivamente.

Na variável produtividade total das raízes formaram-se 3 grupos de médias podendo ser observado na Tabela 2.

Tabela 2: Médias de produtividade de raízes (PT em t. ha<sup>-1</sup>), notas para incidência de danos causados por insetos de solo (IDIS) e Médias para teor de massa seca (TMS em %).

<b>Safra 2013/2014</b>			
<b>Genótipos</b>	<b>Produtividade Total de Raízes</b>	<b>Teor de Matéria Seca</b>	<b>Incidência de Danos Causados por Insetos de Solo</b>
ANA CLARA	35,00 c	34,97 a	3,67
BDGU#04	40,11 b	34,03 a	3,33
BDGU#10	39,27 b	34,10 a	2,33
BDGU#11	45,83 a	32,80 b	3,33
BDGU#16	35,00 c	33,62 b	3,33
BDGU#35	45,80 a	34,58 a	2,67
BDGU#36	44,23 a	35,45 a	3,33
BDGU#38	35,82 c	35,52 a	2,33
BDGU#40	39,07 b	35,58 a	2,67
BDGU#51	33,29 c	32,73 b	3,00
BDGU#57	46,55 a	32,17 b	2,67
BDGU#58	37,68 b	32,87 b	2,67
BDGU#59	39,47 b	33,83 a	3,00
BDGU#78	34,33 c	34,70 a	3,00
BDGU#88	36,13 c	34,77 a	3,00
BDGU#89	35,33 c	32,43 b	2,33
BDGU#93	35,00 c	34,03 a	2,00

Médias seguidas pela mesma letra na coluna, não diferem estatisticamente entre si pelo teste de Scott-Knott ( $p \leq 0,01$ ).

A produtividade variou de 33,29 a 46,55 t.ha<sup>-1</sup>, destacando os genótipos BDGU#57, BDGU#11 e BDGU#35, que produziram, 46,55; 45,83 e 45,8 t.ha<sup>-1</sup>, respectivamente. Contrastando com estes resultados, Camargo *et al.* (2012), com genótipos produzidos pelo Departamento de Agronomia da Universidade Estadual do Centro-Oeste do Paraná cultivados em clima sub tropical húmido, encontraram uma produção que variou de 94,12 a 1,57 ton.ha<sup>-1</sup>. Em outro trabalho, em que avaliou-se o desempenho agrônômico e resistência aos insetos de solo com clones de batata-doce cultivados no Distrito Federal, Kalkmann (2011) obteve valores que situaram-se entre 11,958 e 76,583 t.ha<sup>-1</sup>, com média geral de 42,99 t.ha<sup>-1</sup>. Azevedo *et al.* (2000) caracterizaram o desempenho de genótipos de batata-doce e constataram que o genótipo 92762 teve produtividade máxima de 33 t.ha<sup>-1</sup> e o genótipo 92676 obteve a mínima de 8,2

t.ha<sup>-1</sup>. Em trabalho semelhante de desempenho de genótipos de batata-doce obtidos de sementes botânicas, Silva (2010) encontrou para os genótipos BDGU#74, BDGU#51 e BDGU#35, 51,53; 55,65 e 73,22 t.ha<sup>-1</sup>, respectivamente. No entanto, os genótipos BDGU#57, BDGU#11 e BDGU#35 apresentaram 35,03; 39,09 e 73,22 t.ha<sup>-1</sup>.

Esses resultados supracitados dependem de vários fatores, dentre os quais, os fatores climáticos, como radiação solar, temperatura e regime hídrico são os mais importantes (CONCEIÇÃO *et al.*, 2004). Se essas condições são as ideais, o potencial produtivo de uma cultura é maior quanto mais adaptado o genótipo for as condições de cultivo. Quando o objetivo é a produção de etanol combustível, maiores produtividades são desejáveis, pois potencialmente se esperaria maior rendimento de etanol por unidade de área cultivada.

Estudos desenvolvidos por Silveira *et al.*, (2002), onde avaliava a resistência de clones de batata-doce a insetos de solo e nematoides, indicaram resultados promissores no processo de seleção de clones com produtividades entre 28 e 65 t.ha<sup>-1</sup> de raízes nas condições edafoclimáticas do Estado do Tocantins. Este fato indica uma superioridade desses novos clones entre 154% a 400% em relação às produtividades obtidas na década de 70 (de 11 a 13 t.ha<sup>-1</sup>), visando a produção de etanol combustível. Diante desses aspectos, os resultados aqui obtidos para o genótipo mais produtivo em relação àquela época foi de 28,38% inferior ao melhor genótipo encontrado. Na literatura, apontam que genótipos com produtividade superior a 50 t.ha<sup>-1</sup> são uma condição primordial para tornar a batata-doce uma matéria-prima promissora para produção de etanol fino, valor este superior ao encontrado nesse trabalho (SOUZA, 2005; SILVEIRA, 2008).

Na variável teor de matéria seca (TMS) formaram-se 2 grupos de médias. O TMS das raízes de batata-doce tem correlação direta com o teor de amido das raízes (MEDEIROS *et al.*, 1990). Os genótipos que se destacaram dentre os estudados foram BDGU#40, BDGU#38 e BDGU#36 com 35,58; 35,52 e 35,45%. Esses resultados podem ser explicados pelo fato dos genótipos avaliados terem sido obtidos de um campo de policruzamento de genótipos anteriormente selecionado para alto teor de massa seca, o que demonstra que os ganhos foram significativos. Pois além da correlação com o teor de amido, o TMS é uma das características determinantes da textura do tubérculo, após o cozimento (McCOMBER *et al.*, 1988) e relaciona-se diretamente com a densidade específica do tubérculo. Do ponto de vista industrial há interesse em cultivares que apresentem maior teor de matéria seca, já que resulta em maior rendimento no processo. De acordo com Momenté *et al.* (2004), os clones de batatas-doces com coloração da polpa

clara, apresentam, predominantemente, alto teor de matéria seca. Segundo Silva *et al.* (2010), a raiz da batata-doce apresenta cerca de 30% de TMS que contém em média 85% de carboidratos, cujo componente principal é o amido, essencial para a obtenção de etanol.

Nos resultados sobre a incidência de danos causados por insetos de solo houve variação significativa, formando apenas um grupo de média. O genótipo que mais se destacou proporcionando grau de tolerância maior às pragas de solo foi BDGU#93 com nota 2. Silva (2010) teve como genótipos mais resistentes BDGU# 84(1,33) e BDGU#73 (1,67). Em seu trabalho Silva (2010) encontrou para os genótipos BDGU#93 nota 2. Repetindo o bom desempenho a resistência a insetos do solo.

Andrade Júnior *et al.* (2012), onde analisava características produtivas e qualitativas de ramos e raízes de batata-doce, teve o clone BD-67 apresentando nota de resistência (2,5), porém sem diferir da cultivar Brazlândia Rosada (1,8). Azevedo (1995), avaliando clones de batata-doce, constatou diferença significativa entre clones para danos causados por insetos de solo com uma amplitude de variação bastante restrita entre 1,6 com o clone 92764 e 2,9 com o clone 92798.

Peixoto *et al.* (1999), em Minas Gerais, com estudos de seleção de clones de batata-doce resistentes a insetos de solo, verificou diferenças significativas entre os genótipos para resistência a insetos de solos. No entanto, os genótipos apresentaram grau de resistência inferior aos genótipos deste trabalho. Em seus resultados, o maior nível de resistência foi apresentado pelo genótipo 92676 (1,38) e a cultivar Pira I com 1,58.

Os danos provocados por insetos de solo prejudicam a qualidade da raiz e consequentemente, a produção. Todavia, nenhum dos genótipos que apresentou tolerância aos danos causados por insetos, está entre os genótipos que se destacaram na produtividade. Segundo Silva *et al.* (2004), a batata-doce exerce efeito de antibiose, por meio da produção de fitoalexinas, látex e terpenóides, e ainda possui grande capacidade de compensação, cicatrizando feridas, repondo fartamente as áreas atacadas e produzindo tecido vascular secundário quando a medula da haste é danificada. Por isso, embora seja hospedeira de diversas espécies fitófagas, são poucas as pragas capazes de causarem danos severos. Além disso, boa parte dos danos é de efeito visual, como ferimentos ou galerias superficiais na casca, que não reduzem a proporção de aproveitamento do produto, em especial quando sua utilização é destinada a obtenção de etanol combustível.

#### 4. CONCLUSÕES

- Os genótipos BDGU#57, BDGU#11, BDGU#35 e BDGU#36, produziram 46,55, 45,83, 45,8, e 44,23 t.ha<sup>-1</sup> respectivamente, que dentre os genótipos estudados, são os mais produtivos, portanto promissores a produção de etanol combustível;
- Os genótipos BDGU#40, BDGU#38 e BDGU#36 apresentaram 35,58, 35,52 e 35,45%, respectivamente, apresentando os maiores teores de matéria seca dos genótipos estudados.
- O genótipo BDGU#93, dentre os genótipos avaliados, é o mais tolerantes a incidência de danos causados por insetos de solo.

## 5. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ANDRADE JÚNIOR V.C.; VIANA D.J.S; PINTO NAVD; RIBEIRO KG; PEREIRA RC; NEIVA IP; AZEVEDO AM; ANDRADE P.C.R.. Características produtivas e qualitativas de ramos e raízes de batata-doce. **Horticultura Brasileira**. v. 30: 584-589. 2012

AOAC. **Official methods of analysis of the Association of Official Analytical Chemists**. 12.ed. Washington: AOAC, 1094p. 1975.

AZEVEDO, S.M. de; FREITAS, J.A. de; MALUF, W.R.; SILVEIRA, M.A. Desempenho de clones e métodos de plantio de batata-doce. **Acta Scientiarum**, v.22, n.4, p.901-905. 2000.

CAMARGO, L.K.P.; RESENDE, J.T.V.; ZANIN, D.S.; CAMARGO, C.K; NEUMANN, E.R; MÓGOR, A.F. Desempenho produtivo de genótipos de batata-doce na região centro-sul do Paraná. **Horticultura Brasileira**, v. 30, n. 2, (Suplemento – CD Rom), julho 2012

CONCEIÇÃO MK; LOPES NF; FORTES GRL. Partição de matéria seca entre órgãos de batata-doce (*Ipomoea batatas* (L.) Lam), cultivares Abóbora e Da Costa. **Revista Brasileira de Agrociência**. 10: 313-316. 2004.

CRUZ, C.D. GENES - a software package for analysis in experimental statistics and quantitative genetics. **Acta Scientiarum**. v.35, n.3, p.271-276, 2013

FRANÇA, F.H.; MIRANDA, J.E.C.; FERREIRA, P.E.; MALUF, W.R. **Comparação de dois métodos de avaliação de germoplasma de batata-doce visando resistência a pragas do solo**. In: Congresso Brasileiro de Olericultura, 23, 1983, Rio de Janeiro. *Anais...* Rio de Janeiro: Sociedade Brasileira de Olericultura, p.176. 1983.

HERSEY, C.; AMAYA, A. **Germoplasma de yuca: evolucion, distribuicion y coleccion**. In: CENTRO INTERNACIONAL DE AGRICULTURA TROPICAL. Yuca, investigacion, produccion y utilizacion. Cali: CIAT, p.77-89. .

KALKMANN DC. **Produtividade, qualidade de raíz, resistência aos insetos de solo e aos nematoides-das-galhas, e estimativas de parâmetros genéticos em clones de batata-doce cultivados no Distrito Federal.** (Dissertação mestrado). Brasília – DF: UnB – FAV. 144p. 2011.

McCOMBER DR; OSMAN EM; LOHNES RA.. Factors related to potato mealiness. **Journal of Food Science** 53: 1423-1426. 1988.

MOMENTÉ, Valéria Gomes *et al.* **Seleção de Cultivares de Batata-Doce Adaptados à Produção de Biomassa, Via Programa de Melhoramento, Visando à Produção de Álcool no Estado do Tocantins.** 2004. Disponível em: <[http://www.abhorticultura.com.br/biblioteca/arquivos/Download/Biblioteca/44\\_313.pdf](http://www.abhorticultura.com.br/biblioteca/arquivos/Download/Biblioteca/44_313.pdf)>. Acesso em: 26 abr. 2015.

NASCIMENTO, M. *et al.* Alteração no método centroide de avaliação da adaptabilidade genotípica. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v. 44, n. 3, p. 263-265, 2009.

PEIXOTO, JR; SANTOS, LC; RODRIGUES, FA; JULIATTI, FC; LYRA, JRM. Seleção de clones de batata-doce resistentes a insetos de solo. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v. 34, n. 3, p. 385-389, 1999.

RITSCHER, P. S.; HUAMAN, Z.; LOPES, C. A.; MENEZES, J. E.; TORRES, A. C. Catálogo de germoplasma de batata-doce. 1. **Coleção mantida pela Embrapa Hortaliças.** Brasília. *Embrapa Hortaliças*, 47p. 1999.

SILVA JBC; LOPES CA; MAGALHÃES JS. 2004. **Cultura da batata-doce. Brasília: EMBRAPA-CNPQ.** (Sistema de produção, n. 6). 2004.

SILVA, J. C. **PERFORMANCE AGRONÔMICA DE GENÓTIPOS DE BATATA-DOCE OBTIDOS DE SEMENTES BOTÂNICA COM POTENCIAL PARA PRODUÇÃO DE ETANOL.** 2010. 56 f. Dissertação (Mestrado) - Curso de Mestrado em Produção Vegetal, Uft, Gurupi - To, 2010. Disponível em: <[http://www.site.uft.edu.br/producaovegetal/dissertacoes/JUCIELLE\\_CARDOSO\\_DA\\_SILVA.pdf](http://www.site.uft.edu.br/producaovegetal/dissertacoes/JUCIELLE_CARDOSO_DA_SILVA.pdf)>. Acesso em: 15 jun. 2015.

SILVEIRA, M.A. da. **Resistência de clones de batata-doce [*Ipomoea batatas* (L.) Lamarck] quanto aos nematóides do gênero *Meloidogyne* e aos insetos de solo.** 1993. 41p. Tese (Mestrado), ESAL, Lavras, 1993.

SILVEIRA, M.A. et. al. Resistência de clones de batata-doce coletados no Estado do Tocantins a insetos de solo e nematóides causadores de galhas. **Horticultura Brasileira.** V. 20, n. 2, jul., Suplemento 2. 2002.

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

SOUZA, A.B. Avaliação de cultivares de batata-doce quanto atributos agronômicos desejáveis. **Ciência Agrotécnica.** Lavras, v.24, n.4, p.841-845, 2000.

SOUZA, A. F. B. C. **Avaliação do processo de hidrólise e fermentativo de biomassa de batata-doce [*Ipomoea batatas* (L.)Lam] por meio de células imobilizadas para produção de etanol.** 2005. Dissertação (Mestrado em Ciências do Ambiente). Universidade Federal do Tocantins, Palmas-TO, 2005.

## CAPÍTULO II

### **Adaptabilidade de genótipos de batata-doce na região sul do Estado do Tocantins**

#### **Adaptability of sweet potato genotypes in the South of the State of Tocantins**

#### RESUMO

Objetivou-se com este trabalho estimar a adaptabilidade de genótipos de batata-doce com aptidão para a produção de etanol em quatro épocas de cultivo na região Sul do Tocantins. O experimento foi instalado em delineamento de blocos casualizados com três repetições, sendo avaliados 16 genótipos de batata-doce e uma testemunha, Ana Clara, durante os anos agrícolas 2009/2010, 2010/2011, 2011/2012 e 2013/2014. A colheita foi realizada 150 dias após o plantio e as características avaliadas foram: produtividade total de raízes ( $t\cdot ha^{-1}$ ); incidência de danos por insetos do solo e teor de matéria seca. Para produtividade total das raízes os genótipos BDGU#16, BDGU#57 e BDGU#58 são adaptados a ambientes desfavoráveis (baixo nível tecnológico). Os genótipos BDGU#36, BDGU#38, BDGU#59, BDGU#78, BDGU#88 e BDGU#89 representam comportamento estável, enquanto o genótipo BDGU#10 pode ser indicado para ambientes de adaptabilidade geral para teor de matéria seca.

**Palavras-chave:** *Ipomoea batatas* L., interação genótipos vs ambientes, componentes principais.

#### ABSTRACT

The objective of this study was to estimate the adaptability of sweet potato genotypes suitable for the production of ethanol in four growing seasons in the South of the State of Tocantins. The experiment was installed in randomized block design with three replications, 16 sweet potato genotypes and one witness, Ana Clara, during the agricultural year 2009/2010, 2010/2011, 2011/2012 and 2013/2014. Plants were harvested 150 days after planting and the evaluated characteristics were: root total productivity ( $t\cdot ha^{-1}$ ), incidence of damage by soil insects and content of dry matter. For the root total productivity, the genotypes BDGU#16, BDGU#57 and BDGU#58 are adapted to harsh environments (low-tech). The genotype

BDGU#36, BDGU#38, BDGU#59, BDGU#78, BDGU#88 and BDGU#89 represent invariant behavior, while the genotype BDGU#10 may be indicated for general adaptability environments for dry matter content.

**Key-words:** *Ipomoea potatoes* L., genotype-environment interaction, main componentes

## 1. INTRODUÇÃO

A batata-doce (*Ipomoea batatas* (L.) Lam.) é uma cultura muito popular e apreciada em todo o país (CARDOSO *et al.*, 2005; OLIVEIRA *et al.*, 2008) onde é normalmente cultivada por pequenos produtores (SOUZA, 2000). É uma cultura rústica e adaptada tanto às condições tropicais quanto subtropicais, com elevado potencial ao desenvolvimento tecnológico, sendo originária das regiões tropicais da América Central e do Sul (PEREIRA JÚNIOR *et al.*, 2008; SILVA e LOPES, 1995).

Na região Norte do Brasil, a batata-doce [*Ipomoea batatas* (L.) Lam.] tem sido considerada uma alternativa para produção de etanol, fato que se torna possível devido ao volume de biomassa produzido pelas raízes, associado ao ciclo relativamente curto nas condições tropicais (aproximadamente cinco meses). A potencialidade da cultura para essa finalidade foi verificada na década de 1970. Porém, a baixa produtividade (estimada em cerca de 8,9 t.ha<sup>-1</sup>) dos genótipos e carência de matéria prima na época foi o principal fator da inviabilidade da exploração de etanol a partir da batata-doce no país (ARAUJO, 1978).

O cultivo da batata-doce no Estado do Tocantins, é realizado sob diferentes condições edafoclimáticas. A variação no rendimento da cultura acontece não só em função dos sistemas de cultivo e níveis de investimento, mas também em consequência das condições climáticas, resultando na interação entre genótipos e ambientes. A interação genótipo por ambiente é componente da variação fenotípica resultante do comportamento diferencial apresentado pelos genótipos, quando submetidos a mais de um ambiente. Sua magnitude na expressão fenotípica do caráter pode reduzir a correlação entre fenótipo e genótipo, inflacionando a variância genética e, por sua vez, parâmetros dependentes desta, como herdabilidade e ganho genético com a seleção (ROCHA e VELLO, 1999).

Observa-se com frequência que muitos genótipos, senão a grande maioria, apresentam respostas distintas em relação aos ambientes em que ocorre a avaliação/seleção, o que de certa forma restringe a indicação dessas novas cultivares. Entre as alternativas para

minimizar esse problema está a escolha de variedades com ampla adaptação e boa estabilidade, tendo estes diferentes conceitos. A adaptabilidade se refere à capacidade do genótipo em responder vantajosamente à melhoria do ambiente e a estabilidade de comportamento é a capacidade de os genótipos apresentarem comportamento previsível em função das variações ambientais (CRUZ *et al.*, 2004).

Diversos métodos têm sido propostos para investigar a adaptabilidade e estabilidade fenotípica. A diferença entre eles origina-se nos próprios conceitos e procedimentos biométricos para medir a interação GxA. Destacam-se os procedimentos baseados na variância da interação GxA (PLAISTED e PETERSON, 1959; WRICKE e WEBER, 1986; SHUKLA, 1972 e MAGARI e KANG, 1997); regressão linear simples (FINLAY e WILKINSON, 1963; EBERHART e RUSSELL, 1966 e PERKINS e Jinks, 1968) e múltipla (VERMA *et al.*, 1978; SILVA e BARRETO, 1986; CRUZ *et al.*, 1989 e STORCK e VENCOVSKY, 1994); regressão quadrática (BRASIL e CHAVES, 1994); modelos não lineares (CHAVES *et al.*, 1989; TOLER e BURROWS, 1998; SILVA, 1998 e ROSSE e VENCOVSKY, 2000) e não paramétricos, como a ordem de classificação genotípica (HÜHN, 1996); métodos multivariados, como a ACP (CROSSA, 1990), análise de agrupamento (HANSON, 1994), análise fatorial de correspondências (HILL, 1974) e análise de coordenadas principais (WESTCOTT, 1987); e métodos que integram a análise comum de variância (método univariado) com a análise de componentes principais (método multivariado), como é o caso da análise AMMI, sugerido por Gauch e Zobel (1996).

O método centroide, segundo Rocha *et al.* (2005), baseia-se na comparação de valores de distância cartesiana entre os genótipos e quatro referências ideais (ideótipos), criados com base nos dados experimentais para representar os genótipos de máxima adaptabilidade geral, máxima adaptabilidade específica a ambientes favoráveis ou desfavoráveis e os genótipos de mínima adaptabilidade.

Para utilização desse método, os ambientes são classificados em favoráveis e desfavoráveis utilizando o índice ambiental como proposto por Finlay e Wilkinson (1963).

O presente trabalho teve como objetivo avaliar a adaptabilidade e a estabilidade fenotípica de genótipos de batata - doce, em quatro ambientes, no sul do estado do Tocantins, pela metodologia do centroide.

## 2. MATERIAIS E MÉTODOS

Os experimentos foram realizados na estação experimental do Campus Universitário de Gurupi - CUG da Universidade Federal do Tocantins, localizada na latitude sul 11° 43' 45" e longitude oeste 49° 04' 07" com altitude média de 280 m. Apresenta precipitação média anual em torno de 1600 mm ano<sup>-1</sup> e temperatura máxima de 26°C e mínima de 24°C. O solo foi classificado como Latossolo Vermelho Amarelo.

O experimento foi instalado em delineamento de blocos casualizados com três repetições, sendo avaliados 16 genótipos de batata-doce e uma testemunha, Ana Clara. Os 16 genótipos são clones experimentais avançados pertencentes ao Banco de Germoplasma do LASPER (Laboratório de Sistemas de Produção de Energia a partir de Fontes Renováveis), que são: BDGU#04, BDGU#10, BDGU#11, BDGU#16, BDGU#35, BDGU#36, BDGU#38, BDGU#40, BDGU#51, BDGU#57, BDGU#58, BDGU#59, BDGU#78, BDGU#88, BDGU#89 e BDGU#93. A parcela experimental foi formada por 6 plantas, com espaçamento de 0,45 m x 1,00 m (entre leiras e entre plantas dentro de cada leira, respectivamente), sendo utilizadas nas avaliações as quatro plantas centrais.

As safras utilizadas no presente trabalho foram as 2009/2010, 2010/2011, 2011/2012 e 2013/2014. A colheita foi realizada 150 dias após o plantio e foram mensuradas as seguintes variáveis:

- i. Produtividade total das raízes (t.ha<sup>-1</sup>), que foi calculada após a pesagem de todas as raízes da parcela útil em balança de precisão;
- ii. Severidade de danos causados por insetos de solo, segundo escala de notas estabelecida por França (1995), com adaptações, variando de 1 a 5, em que; Nota 1: correspondeu às raízes livres de danos causados por insetos; Nota 2: raízes com poucos e quase imperceptíveis danos; Nota 3: raízes com danos em maior intensidade e facilmente visualizados; Nota 4: raízes com muitos danos mas ainda apta para o consumo e/ou processamento; e Nota 5: raízes inaceitáveis para o consumo e até mesmo para processamento industrial. Foram considerados resistentes a severidade de insetos, os genótipos com notas entre 1 e 2; moderadamente resistentes, com notas próximo de 3; e suscetíveis, com notas entre 4 e 5. As notas foram atribuídas por três avaliadores devidamente treinados.
- iii. Teor de matéria seca, realizada de acordo com a metodologia proposta por AOAC (1975);

Realizaram-se a análise de variância individual de cada ensaio, seguido de análise conjunta. A homogeneidade dos resíduos foi verificada pela relação entre o maior e o menor quadrado médio do resíduo (inferior a sete), para um mesmo número de repetições (Pimentel-Gomes, 2000). Na análise conjunta foram considerados os efeitos de genótipos fixos e os demais efeitos aleatórios.

A análise de adaptabilidade foi realizada pelo método centroide (Rocha *et al.*, 2005), modificado por Nascimento *et al.* (2009), sendo constituída por sete ideótipos,

I: desempenho máximo nos ambientes acima e abaixo da média geral;

II: máximo nos ambientes acima da média e mínimo nos abaixo da média;

III: mínimo nos ambientes acima da média e máximo nos abaixo da média;

IV: desempenho mínimo em todos os ambientes;

V: desempenho médio tanto nos ambientes abaixo quanto acima da média;

VI: máximo nos ambientes acima da média e desempenho médio nos ambientes abaixo da média geral; e

VII: desempenho médio nos ambientes acima da média e máximo nos abaixo da média,

Sendo os três últimos constituindo a modificação proposta por Nascimento *et al.* (2009).

A análise estatística foi realizada por meio do programa GENES (CRUZ, 2013). As médias foram agrupadas pelo teste de Scott-Knott ( $p \leq 0,05$ ).

### 3. RESULTADOS E DISCUSSÕES

A análise de variância conjunta indica diferença significativa entre os ambientes avaliados e existência de interação genótipo ambiente pelo teste F a 5% de probabilidade para as três características avaliadas (Tabela 3). A existência da interação genótipos x ambientes é, a princípio, condição necessária para este estudo e indica que os genótipos podem apresentar desempenho diferenciado nos ambientes avaliados.

A constatação de efeitos significativos para genótipos, ambientes e interação genótipos x ambientes indica comportamento inconsistente e diferenciado entre genótipos nos ambientes. Vários estudos têm relatado a existência e a importância do estudo da interação genótipos x ambientes (ROCHA *et al.* 2005, SILVA. 2010; AMORIN *et al.*, 2011;) e na maioria dos trabalhos os autores utilizam para recomendação metodologias que permitam identificar os indivíduos de melhor adaptabilidade e maior estabilidade

fenotípica. O conceito de adaptabilidade e estabilidade utilizado no método centroide diferencia dos demais uma vez que o genótipo de máxima adaptação específica não é aquele que apresenta bom desempenho nos grupos de ambientes favoráveis ou desfavoráveis, mas sim o genótipo que apresenta valores máximos para determinado grupo de ambientes (favoráveis e desfavoráveis) e mínimo para o outro conjunto (ROCHA, 2005).

Os coeficientes de variação experimental variaram de 7,31 % a 17,43 % (Tabela 3), o que sugere uma precisão experimental satisfatória, segundo a classificação de Pimentel-Gomes (1985), indicando certo controle das causas de variação aleatória dos ambientes experimentais. Em geral, recomenda-se que sejam avaliados pelo método centroide apenas os experimentos que apresentaram uma precisão experimental satisfatória. Poucos são os métodos de estudo da interação genótipos x ambientes que não apresentam restrições quanto à homogeneidade de variâncias residuais e precisão experimental nos vários ambientes. (ROCHA, 2005).

Tabela 3:Resumo da análise de variância conjunta da característica produtividade total de raízes(PT) (t ha<sup>-1</sup>), incidência de danos por insetos de solo (IDIS) (notas 1 a 5) e teor de matéria seca (TMS) em genótipos de batata-doce em quatro épocas na região sul do Tocantins. UFT, Gurupi

Fontes de Variação	G.L.	PT	IDIS	TMS
		(t ha <sup>-1</sup> )		(%)
		QM	QM	QM
Bloco/Ano	6	61,3	0,012	9,66
Ano	3	1496,87**	1,28**	59,91*
Genótipos	16	185,33 <sup>ns</sup>	1,10**	10,67 <sup>ns</sup>
Gen. x Amb.	48	111,94**	0,44**	12,28**
Erro	128	46,78	0,21	6,40
<b>Média</b>		39,24	2,73	34,61
<b>C.V.</b>		17,43	16,95	7,31

<sup>ns</sup>: não significativo;\*, \*\* significativo a 1 % e 5 %, respectivamente, de probabilidade pelo teste de F.

A produtividade total média e probabilidade de classificação dos genótipos em um dos sete centroides são apresentadas na Tabela 4 e Figura 1. Dentre os 17 genótipos de batata-doce a cultivar Ana Clara foi classificada como de pouca adaptação (centroide IV). Amorin *et al.*(2011) em trabalho semelhante, onde analisou estabilidade e adaptabilidade de genótipos de batata-doce, também classificou a cultivar Ana Clara como pouca adaptada.

Os genótipos BDGU#04, BDGU#10, BDGU#11, BDGU#36, BDGU#38, BDGU#40, BDGU#59, BDGU#78, BDGU#88, BDGU#89 e BDGU#93 foram dispostos

no centroide V, com adaptabilidade geral alta, sendo os genótipos BDGU#04 (0,63) e BDGU#40 (0,62) com maior probabilidade de pertencer a essa classe.

Os genótipos BDGU#16 e BDGU#58 foram classificados no centroide VII como adaptabilidade específica a ambientes desfavoráveis. Esses genótipos são mais indicados a cultivos em condições de baixa tecnologia, a exemplo do que acontece para a maioria dos pequenos produtores de batata-doce. Esses genótipos portadores de atributos agronômicos desejáveis podem vir a ser recomendados para produção de etanol.

Tabela 4: Médias e probabilidade de classificação de cada genótipo de batata-doce em um dos setes quadrantes pelo método centroide para a característica produtividade total de raízes ( $t\ ha^{-1}$ ). UFT, Gurupi – TO.

<b>Genótipos</b>	<b>Média</b>	<b>Class.</b>	<b>P(I)</b>	<b>P(II)</b>	<b>P(III)</b>	<b>P(IV)</b>	<b>P(V)</b>	<b>P(VI)</b>	<b>P(VII)</b>
ANACLARA	31,92g	IV	0,06	0,06	0,14	0,41	0,17	0,06	0,11
BDGU#04	39,97d	V	0,04	0,05	0,06	0,07	0,63	0,05	0,09
BDGU#10	39,83d	V	0,07	0,08	0,09	0,11	0,44	0,09	0,12
BDGU#11	39,26d	V	0,07	0,07	0,16	0,15	0,30	0,07	0,18
BDGU#16	41,43c	VII	0,09	0,08	0,15	0,11	0,23	0,09	0,25
BDGU#35	49,02a	VI	0,21	0,16	0,09	0,08	0,13	0,21	0,13
BDGU#36	38,31e	V	0,07	0,08	0,12	0,16	0,36	0,08	0,14
BDGU#38	37,95e	V	0,08	0,11	0,10	0,15	0,33	0,11	0,12
BDGU#40	39,04d	V	0,04	0,04	0,07	0,08	0,62	0,05	0,10
BDGU#51	44,13b	VI	0,13	0,18	0,09	0,10	0,19	0,19	0,13
BDGU#57	38,08e	III	0,07	0,07	0,24	0,16	0,21	0,07	0,19
BDGU#58	44,66b	VII	0,11	0,08	0,13	0,09	0,19	0,10	0,30
BDGU#59	36,29f	V	0,06	0,07	0,11	0,20	0,36	0,07	0,12
BDGU#78	35,48f	V	0,07	0,09	0,10	0,20	0,34	0,08	0,12
BDGU#88	37,35e	V	0,05	0,06	0,08	0,13	0,51	0,06	0,10
BDGU#89	36,94e	V	0,08	0,10	0,10	0,17	0,34	0,10	0,12
BDGU#93	37,46e	V	0,06	0,06	0,10	0,14	0,46	0,07	0,12

Classe I : Adaptabilidade geral alta (Maxf, Maxd)

Classe II : Adaptabilidade específica a ambientes favoráveis (Maxf, Mind)

Classe III : Adaptabilidade específica a ambientes desfavoráveis (Minf, Maxd)

Classe IV : Pouco adaptado (Minf, Mind)

Classe V : Adaptabilidade geral alta (Medf, Medd)

Classe VI : Adaptabilidade específica a ambientes favoráveis (Maxf, Medd)

Classe VII : Adaptabilidade específica a ambientes desfavoráveis (Medf, Maxd)

\* Médias seguidas pela mesma letra na coluna, não diferem estatisticamente entre si pelo teste de Scott-Knott ( $p \leq 0,05$ ).



Tabela 5: Médias e probabilidade de classificação de cada genótipo de batata-doce em um dos sete quadrantes pelo método centroide para a característica incidência de danos por insetos de solo (notas de 1 a 5). UFT, Gurupi – TO.

<b>Genótipos</b>	<b>Média</b>	<b>Class.</b>	<b>P(I)</b>	<b>P(II)</b>	<b>P(III)</b>	<b>P(IV)</b>	<b>P(V)</b>	<b>P(VI)</b>	<b>P(VII)</b>
ANACLARA	2,83a	II	.	1,00	.	.	.	.	.
BDGU#04	3,17a	I	0,22	0,10	0,08	0,06	0,17	0,20	0,18
BDGU#10	2,33a	IV	0,08	0,09	0,12	0,27	0,22	0,10	0,11
BDGU#11	2,83a	V	0,11	0,11	0,09	0,09	0,30	0,15	0,15
BDGU#16	2,83a	VII	0,12	0,10	0,15	0,11	0,19	0,12	0,20
BDGU#35	2,58a	V	0,08	0,12	0,08	0,12	0,36	0,12	0,11
BDGU#36	2,67a	V	0,10	0,15	0,09	0,11	0,28	0,16	0,12
BDGU#38	2,75a	V	0,11	0,11	0,11	0,11	0,26	0,14	0,16
BDGU#40	3,17a	VII	0,16	0,08	0,11	0,07	0,14	0,11	0,33
BDGU#51	2,42a	V	0,09	0,17	0,09	0,17	0,23	0,14	0,11
BDGU#57	3,00a	VII	0,14	0,09	0,10	0,08	0,21	0,14	0,24
BDGU#58	2,25a	IV	0,08	0,12	0,10	0,28	0,20	0,11	0,10
BDGU#59	2,92a	VII	0,11	0,08	0,11	0,08	0,23	0,11	0,28
BDGU#78	3,00a	VII	0,13	0,08	0,09	0,07	0,23	0,13	0,27
BDGU#88	2,92a	VII	0,11	0,08	0,11	0,08	0,23	0,11	0,28
BDGU#89	2,42a	V	0,08	0,10	0,11	0,21	0,27	0,11	0,12
BDGU#93	2,25a	IV	0,09	0,13	0,11	0,24	0,20	0,12	0,11

Classe I : Adaptabilidade geral alta (Maxf, Maxd)

Classe II : Adaptabilidade específica a ambientes favoráveis (Maxf, Mind)

Classe III : Adaptabilidade específica a ambientes desfavoráveis (Minf, Maxd)

Classe IV : Pouco adaptado (Minf, Mind)

Classe V : Adaptabilidade geral alta (Medf, Medd)

Classe VI : Adaptabilidade específica a ambientes favoráveis (Maxf, Medd)

Classe VII : Adaptabilidade específica a ambientes desfavoráveis (Medf, Maxd)

\* Médias seguidas pela mesma letra na coluna, não diferem estatisticamente entre si pelo teste de Scott-Knott ( $p \leq 0,05$ ).

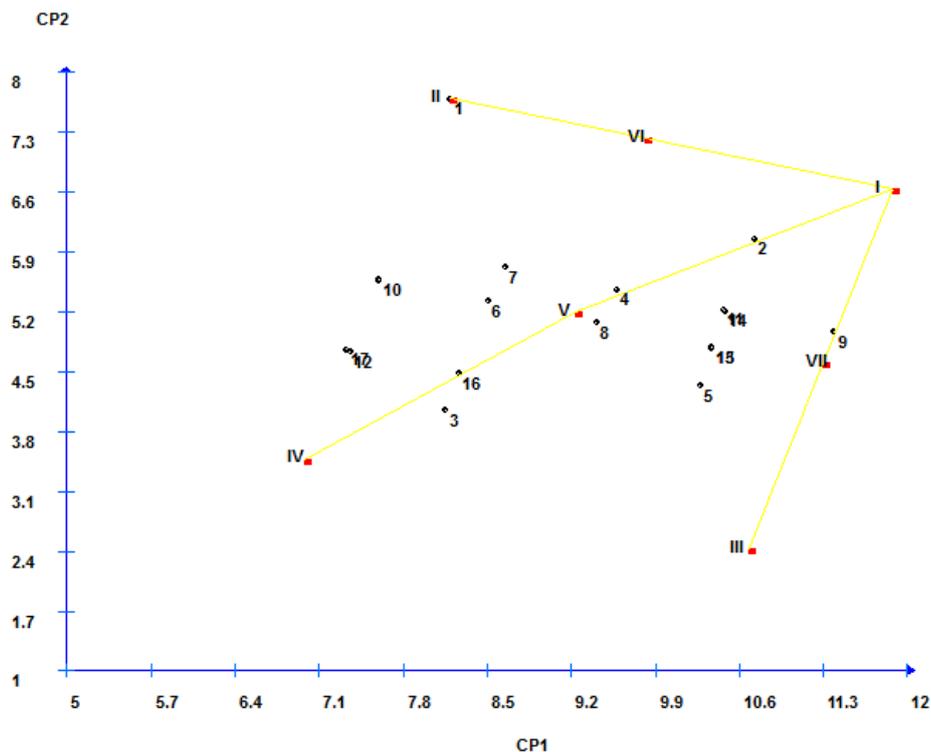


Figura 2: Dispersão gráfica dos componentes principais de 17 genótipos para incidência de danos por insetos de solo (notas de 1 a 5) em quatro épocas de cultivo na região sul do estado do Tocantins.

Aplicando o método centroide nos valores da distância entre o valor máximo e a nota de cada genótipo (tabela 6 e figura 3), a cultivar Ana Clara foi agrupada no centroide II, apresentando adaptabilidade específica a ambientes favoráveis. Os genótipos BDGU#04 e BDGU#40 foram classificados como pouco adaptados (IV), coincidentemente são os que apresentam menor resistência, de nenhum interesse para recomendação. No entanto, os genótipos BDGU#04 e BDGU#40 foram classificados, quando utilizado a nota para IDIS, como adaptabilidade geral alta (I) e adaptabilidade específica a ambientes desfavoráveis (VII) (tabela 5), evidenciando a importância para que seja feito o ajuste dos valores das notas de cada genótipo, para que seja identificado os genótipos mais adaptadas às condições específicas de cada ambiente (GARBUGLIO *et al.*, 2007; MENDONÇA *et al.*, 2007) para posteriormente, poderem ser indicadas para a região.

Os genótipos BDGU#11, BDGU#16, BDGU#35, BDGU#36, BDGU#38, BDGU#57, BDGU#59, BDGU#78, BDGU#88, BDGU#89, foram classificados com adaptabilidade geral alta. Enquanto o genótipo BDGU#10 foi o único a ser classificado como adaptabilidade específica a ambientes desfavoráveis (VII), podendo ser recomendado para a agricultura familiar.

Tabela 6: Médias e probabilidade de classificação de cada genótipo de batata-doce em um dos sete quadrantes pelo método centrado para a distância entre o valor máximo e a nota de cada genótipo para a incidência de danos por insetos de solo (notas de 1 a 5). UFT, Gurupi – TO.

Genótipos	Média	Dist. ao	Clas.	P(I)	P(II)	P(III)	P(IV)	P(V)	P(VI)	P(VII)
		Valor Máx.								
ANACLARA	2,83a	2,17	II	.	1	.	.	.	.	.
BDGU#04	3,17a	1,83	IV	0,08	0,12	0,10	0,28	0,21	0,12	0,09
BDGU#10	2,33a	2,67	VII	0,21	0,07	0,09	0,06	0,17	0,16	0,24
BDGU#11	2,83a	2,17	V	0,09	0,12	0,09	0,12	0,32	0,15	0,11
BDGU#16	2,83a	2,17	V	0,12	0,10	0,16	0,13	0,20	0,13	0,16
BDGU#35	2,58a	2,42	V	0,10	0,10	0,07	0,07	0,30	0,25	0,10
BDGU#36	2,67a	2,33	V	0,10	0,14	0,08	0,09	0,26	0,23	0,10
BDGU#38	2,75a	2,25	V	0,11	0,11	0,11	0,11	0,26	0,16	0,14
BDGU#40	3,17a	1,83	IV	0,09	0,10	0,15	0,22	0,19	0,12	0,12
BDGU#51	2,42a	2,58	VI	0,10	0,10	0,05	0,05	0,13	0,49	0,08
BDGU#57	3,00a	2,00	V	0,09	0,11	0,12	0,17	0,25	0,13	0,12
BDGU#58	2,25a	2,75	VI	0,21	0,09	0,08	0,06	0,15	0,27	0,14
BDGU#59	2,92a	2,08	V	0,10	0,10	0,14	0,14	0,28	0,12	0,13
BDGU#78	3,00a	2,00	V	0,09	0,10	0,12	0,17	0,29	0,12	0,11
BDGU#88	2,92a	2,08	V	0,10	0,10	0,14	0,14	0,28	0,12	0,13
BDGU#89	2,42a	2,58	V	0,17	0,08	0,09	0,07	0,22	0,20	0,18
BDGU#93	2,25a	2,75	VI	0,19	0,11	0,09	0,07	0,16	0,22	0,15

Classe I : Adaptabilidade geral alta (Maxf, Maxd)

Classe II : Adaptabilidade específica a ambientes favoráveis (Maxf,Mind)

Classe III : Adaptabilidade específica a ambientes desfavoráveis (Minf,Maxd)

Classe IV : Pouco adaptado (Minf,Mind)

Classe V : Adaptabilidade geral alta (Medf,Medd)

Classe VI : Adaptabilidade específica a ambientes favoráveis (Maxf,Medd)

Classe VII : Adaptabilidade específica a ambientes desfavoráveis (Medf,Maxd)

\* Médias seguidas pela mesma letra na coluna, não diferem estatisticamente entre si pelo teste de Scott-Knott ( $p \leq 0,05$ ).

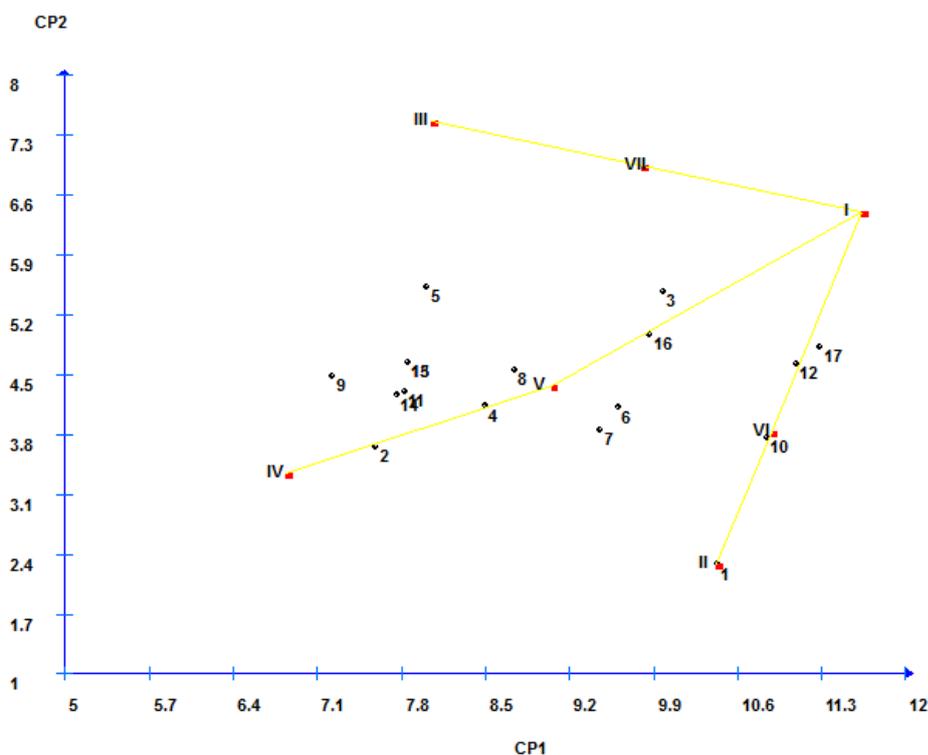


Figura 3: Dispersão gráfica dos componentes principais de 17 genótipos para a diferença entre nota máxima e nota atribuída ao genótipo da incidência de danos por insetos de solo em quatro épocas de cultivo na região sul do estado do Tocantins.

O teor de matéria seca (TMS) das raízes de batata-doce tem correlação direta com o teor de amido das raízes (MEDEIROS *et al.*, 1990). Em sua grande maioria, os genótipos apresentaram raízes com valores maiores de 30% de TMS. Que segundo Silva *et al.* (2010), a raiz da batata-doce que apresenta cerca de 30% de TMS, contém em média 85% de carboidratos, cujo componente principal é o amido, essencial para a obtenção de etanol. Caracterizando como fundamental o estudo da variável teor de matéria seca.

Repetindo o desempenho das variáveis PT e IDIS, o ideótipo V, foi o que teve uma maior quantidade de genótipos com essa classificação para a variável TMS, sendo eles: BDGU#36, BDGU#38, BDGU#57, BDGU#58, BDGU#59, BDGU#78, BDGU#88 e BDGU#89 caracterizando genótipos de adaptação mediana para essa característica. Enquanto o genótipo BDGU#04 apresentou adaptabilidade geral alta (I), obtendo valores máximos em todos ambientes, se destacando para essa variável, podendo ser recomendada, a partir dessa variável, para a produção de etanol. Os genótipos BDGU#10 e BDGU#93 foram classificados no ideótipo III, tendo respostas positivas a ambientes desfavoráveis, podendo ser indicados em regiões sem muita tecnologia, característica do cultivo realizado por agricultores familiar.

Tabela 7: Médias e probabilidade de classificação de cada genótipo de batata-doce em um dos setes quadrantes pelo método centroide para a característica teor de matéria seca (%). UFT, Gurupi – TO

Genótipos	Média	Class.	P(I)	P(II)	P(III)	P(IV)	P(V)	P(VI)	P(VII)
ANA CLARA	35,93a	VII	0,17	0,09	0,06	0,06	0,21	0,15	0,27
BDGU#04	36,45a	I	0,31	0,11	0,05	0,05	0,12	0,24	0,12
BDGU#10	33,01b	III	0,06	0,06	0,36	0,22	0,12	0,07	0,11
BDGU#11	34,92a	VI	0,14	0,24	0,06	0,06	0,16	0,24	0,11
BDGU#16	33,63b	V	0,09	0,11	0,09	0,11	0,33	0,11	0,15
BDGU#35	34,65a	II	0,14	0,21	0,07	0,07	0,19	0,20	0,13
BDGU#36	34,35b	V	0,10	0,09	0,15	0,12	0,24	0,10	0,22
BDGU#38	34,31b	V	0,09	0,09	0,13	0,12	0,27	0,10	0,21
BDGU#40	35,30a	VI	0,17	0,17	0,06	0,06	0,16	0,24	0,13
BDGU#51	35,90a	VI	0,18	0,17	0,05	0,05	0,11	0,36	0,09
BDGU#57	34,46b	V	0,10	0,10	0,10	0,10	0,29	0,11	0,20
BDGU#58	34,78a	V	0,13	0,14	0,07	0,07	0,26	0,17	0,16
BDGU#59	33,43b	V	0,09	0,09	0,19	0,18	0,20	0,09	0,17
BDGU#78	34,67a	V	0,09	0,08	0,09	0,08	0,34	0,09	0,24
BDGU#88	34,97a	V	0,08	0,07	0,05	0,05	0,48	0,08	0,20
BDGU#89	34,13b	V	0,09	0,09	0,11	0,11	0,30	0,10	0,19
BDGU#93	33,45b	III	0,08	0,08	0,22	0,21	0,18	0,08	0,15

Classe I : Adaptabilidade geral alta (Maxf, Maxd)

Classe II : Adaptabilidade específica a ambientes favoráveis (Maxf, Mind)

Classe III : Adaptabilidade específica a ambientes desfavoráveis (Minf, Maxd)

Classe IV : Pouco adaptado (Minf, Mind)

Classe V : Adaptabilidade geral alta (Medf, Medd)

Classe VI : Adaptabilidade específica a ambientes favoráveis (Maxf, Medd)

Classe VII : Adaptabilidade específica a ambientes desfavoráveis (Medf, Maxd)

\* Médias seguidas pela mesma letra na coluna, não diferem estatisticamente entre si pelo teste de Scott-Knott ( $p \leq 0,05$ ).

I: Adaptabilidade Geral II/VI: Adap. Espec. Favoráveis III/VII: Adap. Espec. Desfavoráveis IV: Pouco adaptado V: Mediano

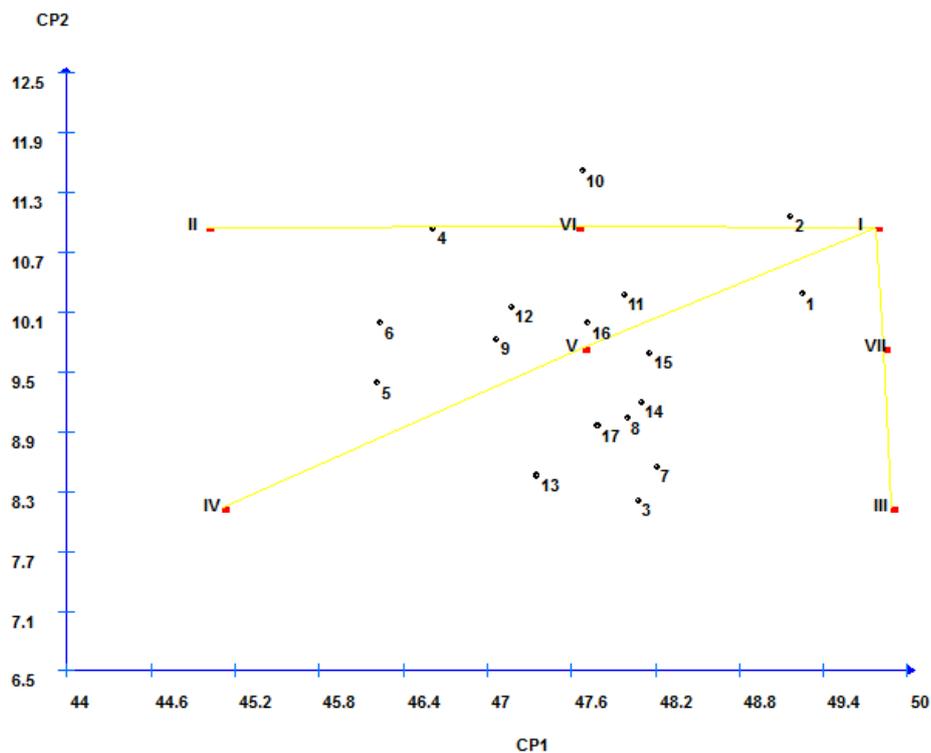


Figura 4: Dispersão gráfica dos componentes principais de 17 genótipos para teor de matéria seca (%) em quatro épocas de cultivo na região sul do estado do Tocantins.

A Tabela 8 mostra a facilidade de análise e interpretação do fenômeno de adaptabilidade por meio da metodologia apresentada que proporciona como resultado a classificação dos genótipos tornando a recomendação bastante simplificada. Assim a análise dos valores de probabilidade permite classificar os 17 genótipos em um dos sete grupos sendo que os genótipos BDGU#36, BDGU#38, BDGU#51, BDGU#59, BDGU#78, BDGU#88 e BDGU#89 foram classificados no mesmo grupo independente da característica considerada. Os demais genótipos apresentaram classificação diferenciada dependendo da característica considerada.

Alguns genótipos possuem classificação dificultada, são aqueles, que no gráfico, se localizam no centro da dispersão, são aproximadamente equidistantes em relação aos sete centroides e representam os genótipos de comportamento invariante e, portanto, diferenciados em relação aos ideótipos.

No gráfico de dispersão, observa-se ainda tendência de aumento na média dos genótipos à medida que estes se aproximam do centroide I – adaptabilidade geral. Quanto menor for a diferença entre um genótipo qualquer e o ideótipo I, menor será a diferença entre este e a planta de máximo desempenho em todos os ambientes, fazendo com que a adaptabilidade geral esteja necessariamente associada ao melhor desempenho.

Tabela 8 Tabela comparativa entre as classificação de adaptabilidade pelo método centroide, em cada uma das três variáveis.

Genótipos	CLASSIFICAÇÃO		
	PT	IDIS	TMS
1-ANACLARA	IV	II	VII
2-BDGU#04	V	IV	I
3-BDGU#10	V	VII	III
4-BDGU#11	V	V	VI
5-BDGU#16	VII	V	V
6-BDGU#35	VI	V	II
7-BDGU#36	V	V	V
8-BDGU#38	V	V	V
9-BDGU#40	V	IV	VI
10-BDGU#51	VI	VI	VI
11-BDGU#57	III	V	V
12-BDGU#58	VII	VI	V
13-BDGU#59	V	V	V
14-BDGU#78	V	V	V
15-BDGU#88	V	V	V
16-BDGU#89	V	V	V
17-BDGU#93	V	VI	III

Pelo método centroide, o conceito de adaptabilidade diferencia dos demais, uma vez que o genótipo de máxima adaptação específica não é aquele que apresenta bom desempenho nos grupos de ambientes favoráveis ou desfavoráveis, mas sim o genótipo que apresenta valores máximos para determinado grupo de ambientes (favoráveis e desfavoráveis) e mínimo para o outro conjunto (ROCHA *et al.*, 2005). Esse fato minimiza os erros de classificação que normalmente ocorrem por valores discrepantes nos ambientes avaliados.

#### 4. CONCLUSÃO

- Os genótipos BDGU#16, BDGU#57 e BDGU#58 são adaptados a ambientes desfavoráveis com relação a produtividade total de raízes, sendo condição que torna competitivas para produção de bioenergia.

- O genótipo BDGU#10 é adaptado a ambientes desfavoráveis tanto em relação a incidência de danos causados por insetos de solo quanto ao teor de matéria seca.

- Os genótipos BDGU#36, BDGU#38, BDGU#59, BDGU#78, BDGU#88 e BDGU#89 representam comportamento constante e, portanto, similar em relação as médias de cada variável.

- O método centroide contribui para uma melhor análise nos aspectos quantitativo e qualitativo, sendo de grande importância na tomada de decisão para escolha de determinado genótipo visando uma maior produção de etanol.

## 5. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

AMORIN, B. S. C.; OLIVEIRA, I. S. O.; 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-PR, v. 4, n.3, p.31-50, 2011

ARAÚJO, N. Q. Batata-doce: parâmetros preliminares na tecnologia de produção de etanol. (S.L.) **Informativo do INT**, Rio de Janeiro, Brasil., 11 p. 1978.

BRASIL, E. M.; CHAVES, L. J. **Utilización de um modelo cuadrático para el estudio de la resposta de cultivares a la variación ambiental**. In: CONGRESSO LATIIONAMERICANO DE GENÉTICA. Monterrey. Asociación Latinoamericana de Genética, p. 616. 1994.

CARDOSO, AD; VIANA, AES; RAMOS, PAS; MATSUMOTO, SN; AMARAL, CLF; SEDIYAMA, T; MORAIS, OM. Avaliação de clones de batata-doce em Vitória da Conquista. **Horticultura Brasileira**, Brasília, v.23, n.4, p.911-914, out-dez. 2005.

CHAVES, L.J.; VENCOVSKY, R.; GERALDI, I.O. Modelo não-linear aplicado ao estudo da interação genótipos x ambientes em milho. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v.24, n.2, p.259- 268, 1989.

CROSSA, J. Statistical analyses of multilocation trials. **Advances in Agronomy**, v.44, p.55- 85, 1990.

CRUZ, C.D. **GENES - a software package for analysis in experimental statistics and quantitative genetics**. Acta Scientiarum. v.35, n.3, p.271-276, 2013

CRUZ, C. D.; REGAZZI, A. J.; CARNEIRO, P. C. S. **Modelos biométricos aplicados ao melhoramento genético**. Viçosa: UFV, 3. ed. v.1, 480 p. 2004.

CRUZ, C.D.; TORRES, R.A.A.; VENCOSKY, R. An alternative approach to the stability analysis proposed by Silva and Barreto. **Revista Brasileira de Genética**, v.12, n.2, p.567-580, 1989

EBERHART, S.A.; RUSSEL, W.A. Stability parameters for comparing varieties. **Crop Science**, v.6, n.1, p.36-40, 1966.

FINLAY, K.W.; WILKINSON, G.N. The analysis of adaptation in a plant-breeding programme. **Australian Journal of Agricultural Research**, v.14, n.5, p.742-754, 1963.

GARBUGLIO, DD.; GERAGE, AC.; ARAÚJO, PM.; FONSECA JUNIOR, NS.; SHIOGA, PS. Análise de fatores e regressão bissegmentada em estudos de estratificação ambiental e adaptabilidade em milho. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v. 42, n. 2, p. 183-191, 2007.

GAUCH, H. G.; ZOBEL, R. W. **AMMI analysis of yeild trials**. In: KANG, M. S.; GAUCH, H. G. **Genotype-by-environment interaction**. New York: CRC Press, 416p. 1996.

HANSON, W.D. Distance statistics and interpretation of Southern states regional soybean tests. **Crop Science**, v.34, n.6, p.1498-1504, 1994.

HILL, M.O. Correspondence analysis: a neglected multivariate method. **Applied Statistics**, v.23, n.2, p.340-354, 1974.

HUHN, M. **Nonparametric analysis of genotype x environment interactions by ranks**. In: KANG, M. S. GAUCH, H. G. **Genotype-by-environment interaction**. Boca RATON: crc Press, p. 235-270, 1996.

KANG, M.S.; GAUCH, H.G. **Genotype-by-environment interaction**. Boca Raton: CRC Press, cap.9, p.235-270, 1996.

MAGARI, R.; KANG, M.S. SAS STABLE: Stability analysis of balanced and unbalanced data. **Agronomy Journal**, v.89, n.5, p.929-932, 1997.

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.

MENDONÇA, O.; CARPENTIERI-PÍPOLO, V.; GARBUGLIO, DD.; FONSECA JUNIOR, NS. Análise de fatores e estratificação ambiental na avaliação da adaptabilidade e estabilidade em soja. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v. 42, n. 11, p. 1567-1575, 2007.

MOMENTÉ, V. G. *et al.* **Seleção de Cultivares de Batata-Doce Adaptados à Produção de Biomassa, Via Programa de Melhoramento, Visando à Produção de Álcool no Estado do Tocantins.** 2004. Disponível em: <[http://www.abhorticultura.com.br/biblioteca/arquivos/Download/Biblioteca/44\\_313.pdf](http://www.abhorticultura.com.br/biblioteca/arquivos/Download/Biblioteca/44_313.pdf)>. Acesso em: 26 abr. 2015.

NASCIMENTO, M. *et al.* Alteração no método centroide de avaliação da adaptabilidade genotípica. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v. 44, n. 3, p. 263-265, 2009.

OLIVEIRA, M.K.T.; NETO, F.B.; CÂMARA, F.A.; DOMBROSKI, J.L.D.; FREITAS, R.M.O. Multiplicação in vitro de batata-doce (*Ipomoea batatas* Lam). **Caatinga**, Mossoró, v.21, n.4, p.129-134, outubro/dezembro de 2008.

PEREIRA JÚNIOR, L.R.; OLIVEIRA, AP.; GAMA, J.S.N.; CAMPOS, VB.; PRAZERES, S.S. Parcelamento do esterco bovino na produção de batata-doce. **Revista Verde**. Mossoró, v.3, n.3, p12- 16 julho/setembro de 2008.

PERKINS, J.M.; JINKS, J.L. Environmental and genotype-environmental components of variability. III. **Multiple lines and crosses.** **Heredity**, v.23, n.3, p.339-356, 1968.

PLAISTED, R.L.; PETERSON, L.C. A technique for evaluating the ability of selections to yield consistently in different locations or seasons. **American Potato Journal**, v.36, n.2, p.381-385, 1959.

PIMENTEL-GOMES, F. **Curso de estatística experimental**. São Paulo: Nobel, 11.ed. 466p. 1985.

ROCHA, M. M.; VELLO, N. A. Interação genótipos e locais para rendimento de grãos de linhagens de soja com diferentes ciclos de maturação. **Bragantia**, v.58, n.1, p.69-81, 1999.

ROCHA, R. B.; MURO-ABAD, J. I.; ARAUJO, E. F.; CRUZ, C. D. Avaliação do método centroide para estudo de adaptabilidade ao ambiente de clones de *Eucalyptus grandis*. **Ciência Florestal**, Santa Maria, v. 15, n. 3, p. 255-266, 2005.

ROSSE, L.N.; VENCOVSKY, R. **Modelo de regressão não-linear aplicado ao estudo da estabilidade fenotípica de genótipos de feijão no Estado do Paraná**. *Bragantia*, v.59, n.1, p.99- 107, 2000.

SHUKLA, G.K. Some statistical aspects of partitioning genotype-environmental components of variability. **Heredity**, v.29, n.2, p.237-245, 1972

SILVA, JBC. e LOPES, CA. Cultivo da batata-doce. 3. ed. Brasília: **Embrapa Hortaliças**, 1995. 18 p. (Instruções técnicas de CNP Hortaliças, n. 7).

SILVA, J.G.C.; BARRETO, J.N. An application of segmented linear regression to the study of genotypes environment interaction. **Biometrics**, v.41, n.4, p.1093, 1986.

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

STORCK, L.; VENCOVSKY, R. Stability analysis on a bi-segmented discontinuous model with measurement errors in the variables. **Revista Brasileira de Genética**, v.17, n.1, p.75-81, 1994.

SILVA, J.G.C. Análise da adaptabilidade por regressão segmentada com estimação da junção dos segmentos. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v.33, n.7, p.1013-1029, 1998.

SCOTT, A.J. e KNOTT, MA. A cluster analysis method for grouping means in the analysis of variance. **Biometrics**, Washington, v.30, n.3, p.507-512, 1974.

TOLER, J.E.; BURROWS, P.M. Genotypic performance over environmental arrays: a nonlinear grouping protocol. **Journal of Applied Statistics**, v.25, n.1, p.131-143, 1998.

VERMA, M.M.; CHAHAL, G.S.; MURTY, B.R. Limitations of conventional regression analysis, a proposed modification. **Theoretical and Applied Genetics** , v.53, n.2, p.89-91, 1978.

WESTCOTT, B. A method of assessing the yield stability of crop genotypes. **Journal of Agricultural Sciences**, v.108, n.2, p.267-274, 1987.

WRICKE, G.; WEBER, E.W. **Quantitative genetics and selection in plant breeding**. Berlin: Walter de Gruyter, 1986. 406p.