



RANOEL JOSE DE SOUSA GONÇALVES

**VARIABILIDADE GENÉTICA PARA
PRODUÇÃO DE ETANOL E PARA
RESISTÊNCIA A *Meloidogyne enterolobii* EM
COLEÇÃO DE CLONES DE BATATA-DOCE**

LAVRAS – MG

2011

RANOEL JOSE DE SOUSA GONÇALVES

**VARIABILIDADE GENÉTICA PARA PRODUÇÃO DE ETANOL E
PARA RESISTÊNCIA A *Meloidogyne enterolobii* EM COLEÇÃO DE
CLONES DE BATATA-DOCE**

Tese apresentada à Universidade Federal de Lavras, como parte das exigências do Programa de Pós-Graduação em Genética e Melhoramento de Plantas, área de concentração em Genética e Melhoramento de Plantas, para a obtenção do título de Doutor.

Orientador

Ph.D. Wilson Roberto Maluf

LAVRAS - MG

2011

**Ficha Catalográfica Preparada pela Divisão de Processos Técnicos da
Biblioteca da UFLA**

Gonçalves, Ranoel José de Sousa.

Variabilidade genética para produção de etanol e para resistência
a *Meloidogyne enterolobii* em coleção de clones de batata-doce /
Ranoel José de Sousa Gonçalves. – Lavras : UFLA, 2011.

110 p. : il.

Tese (doutorado) – Universidade Federal de Lavras, 2011.

Orientador: Wilson Roberto Maluf.

Bibliografia.

1. *Ipomoea batatas*. 2. Resistência genética. 3. Produtividade de
raízes. 4. Nematoides. 5. *Meloidogyne mayaguensis*. I. Universidade
Federal de Lavras. II. Título.

CDD – 631.523

RANOEL JOSÉ DE SOUSA GONÇALVES

**VARIABILIDADE GENÉTICA PARA PRODUÇÃO DE ETANOL E
PARA RESISTÊNCIA A *Meloidogyne enterolobii* EM COLEÇÃO DE
CLONES DE BATATA-DOCE**

Tese apresentada à Universidade Federal de Lavras, como parte das exigências do Programa de Pós-Graduação em Genética e Melhoramento de Plantas, área de concentração em Genética e Melhoramento de Plantas, para a obtenção do título de Doutor.

APROVADA em 06 de dezembro de 2011.

Dra. Ângela de Fátima Barbosa Abreu EMBRAPA

Dra. Luciane Vilela Resende UFLA

Dr. Ernani Clarete da Silva UFSJ-CSL

Dr. Valter Carvalho de Andrade Júnior UFVJM

Ph.D. Wilson Roberto Maluf

Orientador

LAVRAS – MG

2011

*Aos meus pais, Luiz Goberto (Caneta) e Maria do Rosário.
Aos meus irmãos, Vivian (Cris), Romerito (Mel) e Ranieli (Naninha).*

DEDICO

AGRADECIMENTOS

A Deus, por todas as conquistas e pelo dom da vida.

À Universidade Federal de Lavras (UFLA), em especial aos Departamentos de Biologia, Fitopatologia e Fitotecnia.

Ao professor Wilson Roberto Maluf, pela confiança, orientação e amizade.

Ao professor Luís Antônio Augusto Gomes, pela amizade e orientação.

À professora Roberta Pereira Miranda Fernandes, da Universidade Federal de Sergipe.

A todos os professores membros da banca de defesa, pelas grandes contribuições a este trabalho.

À Fundação de Amparo à Pesquisa do Estado de Minas Gerais (FAPEMIG), ao Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (CNPq), à Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (CAPES), à empresa HortiAgro Sementes S.A e à Universidade Federal de Sergipe.

Aos técnicos Paulo Moretto e Vicente Licursi, pelo apoio e grande amizade.

Aos funcionários da HortiAgro, pela grande ajuda.

Aos amigos da República Cunhão de Touro, do laboratório de entomologia, do Núcleo de Estudo em Genética (GEN) e, em especial, aos amigos Fernando, Douglas, Danilo, Thiago, Régis, Álvaro, Carlos, Michael, Fabrício, Marcus, Felipe, André (carioca), Caio, Jalison, André (Gôdo), Davi, Aline, Sindinara, Dani e Marcela.

Aos grandes e velhos amigos Alisson, José Wilson, Juninho, Raonir, Isabela, Jeane, Rafaela, Lidiane e Ricardo, pela imensa amizade, confiança e pelos momentos de descontração.

À querida Dona Sandra.

Enfim, a todos aqueles que, de alguma forma, contribuíram para realização deste trabalho, MUITO OBRIGADO!

“Jamais se poderá expressar em simples palavras o sonho de um filho em tentar recompensar os sacrifícios de seus pais.”

RESUMO

O presente trabalho foi realizado com os seguintes objetivos do: (a) avaliar se há variabilidade genética em uma coleção de clones de batata-doce, estimar parâmetros genéticos e as correlações genotípicas, fenotípicas e de ambiente entre os caracteres envolvidos na seleção de clones com maior aptidão para produção de etanol e (b) selecionar clones de batata-doce resistentes a *Meloidogyne enterolobii* (Syn. *M. mayaguensis*) e avaliar a eficiência do método de seleção empregado, pela estimação dos coeficientes de variação genética e ambiental, e das herdabilidades no sentido amplo. Os trabalhos foram realizados em casa de vegetação na área experimental da empresa HortiAgro Sementes S.A., no Laboratório de Nematologia do Departamento de Fitopatologia da Universidade Federal de Lavras e no Laboratório de Enzimologia da Universidade Federal de Sergipe. Para a avaliação da variabilidade genética presente na coleção de clones, o delineamento empregado foi o de blocos aumentados, com 96 genótipos, como tratamentos regulares e seis genótipos como tratamentos comuns, distribuídos em seis blocos. Como tratamentos comuns foram utilizadas quatro cultivares comerciais ('Brazlândia Branca', 'Brazlândia Rosada', 'Brazlândia Roxa' e 'Palmas'), além dos acessos UFLA-07-43 e UFLA-07-49. Foram avaliadas as seguintes características: produtividade de raízes ($t\ ha^{-1}$), % amido na raiz fresca, rendimento em etanol por tonelada de raízes ($L. t^{-1}$), rendimento potencial de etanol ($L. ha^{-1}$) e densidade de raízes (peso específico). Houve grande variabilidade genética entre genótipos de batata-doce em todas as características estudadas. Os coeficientes de variação genética (CV_g), herdabilidades no sentido amplo (h_a^2) e a razão $b = CV_g/CV_e$ indicam uma situação favorável para a seleção de genótipos para todas características analisadas. Trinta e sete genótipos foram selecionados para serem submetidos às etapas posteriores do programa de melhoramento como promissores para produção de etanol. Para todos os pares de caracteres estudados houve grande similaridade entre os coeficientes de correlação genotípica e fenotípica, sendo, em todos os casos, as correlações genotípicas maiores que as fenotípicas. Na avaliação da resistência ao *M. enterolobii*, o delineamento experimental utilizado foi de blocos casualizados completos, com duas repetições. A classificação dos níveis de resistência foi realizada de acordo com o número de ovos por grama de raiz, fator de reprodução (FR) e o índice de reprodução (IR) relativo à cultivar de tomate Santa Clara, suscetível ao nematoide. A relação $b = CV_g/CV_e$ e a herdabilidade no sentido amplo foram altas tanto para número de ovos por grama de raiz como para o fator de reprodução e índice de reprodução, demonstrando a eficiência do método empregado para a seleção de genótipos resistentes. Foram identificados, como

promissores para dar continuidade ao programa de melhoramento genético, 31
genótipos de batata-doce resistentes a *M. enterolobii*.

Palavras-chave: *Ipomoea batatas*. Produtividade de raízes. Nematoides.
Resistência genética. *Meloidogyne mayaguensis*.

ABSTRACT

The goals of the present work were: (a) to evaluate whether there is genetic variability in a collection of sweet potato clones, estimate genetic parameters and genotypic, phenotypic and environmental correlations among the traits involved in the selection of clones with increased aptitude for ethanol production. (b) Select sweet potato clones resistant to *Meloidogyne enterolobii* (Syn. *M. mayaguensis*) and evaluate the efficiency of the selection method employed, by the estimation of the genetic and environmental variation coefficients and of the broad sense heritabilities. The works were conducted in greenhouse in the experimental area of HortiAgro Sementes S.A. Enterprise, in the Nematology Laboratory of the Plant Pathology of the Universidade Federal de Lavras (Federal University of Lavras) and in the Enzymology Laboratory of the Universidade Federal de Sergipe (Federal University of Sergipe). For evaluation of the genetic variability present in the collection of clones, the design employed was that of increased blocks with 96 genotypes as regular treatments and six genotypes as common treatments distributed into six blocks. As common treatments four commercial cultivars (Brazlândia Branca, Brazlândia Rosada, Brazlândia Roxa and Palmas) were utilized, in addition to accessions UFLA-07-43 and UFLA-07-49. The following characteristics were evaluated: root yield ($t\ ha^{-1}$), % starch in the fresh root, ethanol yield per ton of roots ($L\ t^{-1}$), potential ethanol yield ($L\ ha^{-1}$) and density of roots (specific weight). There was great genetic among sweet potato genotypes in all the characteristics investigated. The genetic variation coefficients (CV_g), broad sense heritabilities (h_a^2) and the ratio $b = CV_g/CV_e$, indicate a situation favorable to the selection of genotypes for all the characteristics studied. Thirty-seven genotypes were selected to be submitted to the further steps of the breeding program as promising to ethanol production. For all the pairs of traits studied, there was a great similarity among the genotypic and phenotypic correlation, the genotypic correlations being in all the cases higher than the phenotypic ones. In the evaluation of the resistance to *M. enterolobii*, the experimental design utilized was that of complete randomized blocks with two replicates. The classification of the resistance levels was conducted according to the number of eggs per gram of root, reproduction factor (FR) and reproduction index (IR) relative to the tomato cultivar Santa Clara, susceptible to the nematode. The ratio $b = CV_g/CV_e$ and the heritability in the broad sense were high both for number of eggs per gram of root and for reproduction factor and reproduction index, demonstrating the efficiency of the method used for the selection of the resistant genotypes. 31 sweet potato genotypes resistant to *M. enterolobii* were identified as promising to give continuity to the genetic improvement program.

Keywords: *Ipomoea batatas*. Root yield. Nematodes. Genetic resistance. *Meloidogyne mayaguensis*.

SUMÁRIO

	PRIMEIRA PARTE	12
1	INTRODUÇÃO	12
2	REFERENCIAL TEÓRICO	16
2.1	Classificação, origem e importância econômica da batata-doce	16
2.2	Composição química e utilização comercial de batata-doce	18
2.2.1	Importância do amido	19
2.2.1.1	Hidrólise do amido, enzimas amilolíticas e quantificação do amido	20
2.3	O etanol de batata-doce	24
2.4	O gênero <i>Meloidogyne</i> e a cultura da batata-doce	29
2.5	A espécie <i>Meloidogyne enterolobii</i>	32
3	CONSIDERAÇÕES GERAIS	36
	REFERÊNCIAS	38
	SEGUNDA PARTE - ARTIGOS	48
	ARTIGO 1 Variabilidade genética para a produção de etanol em coleção de clones de batata-doce	48
	ARTIGO 2 Variabilidade genética em batata-doce para a resistência a <i>Meloidogyne enterolobii</i>	84

PRIMEIRA PARTE

1 INTRODUÇÃO

A batata-doce, *Ipomoea batatas* L., planta de fácil cultivo, de ampla adaptação, alta tolerância à seca e baixo custo de produção, é muito popular e apreciada em todo o país, sendo cultivada principalmente na agricultura familiar. É uma planta de usos múltiplos, da qual todas as partes são aproveitáveis e, além de seu uso na alimentação humana e animal, pode-se constituir importante alternativa para a produção de biocombustíveis (álcool) (MOMENTÉ et al., 2004), amido, macarrão, doces, sobremesas industrializadas e farinha (CENTRO INTERNACIONAL DE LA PAPA - CIP, 2005).

No âmbito da produção de álcool biocombustível, a batata-doce ainda é pouco utilizada no Brasil. Entretanto, talvez seja a espécie vegetal que pode apresentar um dos maiores potenciais de uso para tal finalidade: cultivares de batata-doce obtidas por meio de melhoramento genético revelaram índices de produtividade de álcool/etanol duas vezes maiores do que o obtido com a cana-de-açúcar, além de apresentarem vantagens econômicas para os pequenos produtores (SILVEIRA, 2008). Entre as características favoráveis da batata-doce estão um ciclo curto de produção (4 a 6 meses), rusticidade, adaptação às condições tropicais, possibilidade de produção em condições de solo de baixa a média fertilidade e, principalmente, baixo custo de produção (SOUZA et al., 2005). No entanto, a plena utilização da batata-doce como alternativa energética enfrenta algumas limitações de ordem fitotécnica, pois nem todos os clones possuem elevada produção de biomassa nas raízes, alta densidade, alta percentagem de amido, alta produção de etanol por tonelada de raízes e alto rendimento potencial de etanol ($L\ ha^{-1}$), algumas características tidas como indispensáveis para viabilizar a sua exploração como fonte de etanol em bases

sustentáveis e com baixo custo. Dessa maneira, é necessária a avaliação de clones para identificar genótipos que apresentem boas combinações dessas diferentes características, assim como a estimação das correlações genotípicas, fenotípicas e ambientais entre os caracteres envolvidos na seleção de clones com aptidão para produção de etanol. A magnitude dessas correlações permitiria substituir a seleção direta para uma característica de alto valor agrícola, mas de baixa herdabilidade, pela seleção indireta de uma característica correlacionada com alta herdabilidade.

A despeito de seu alto potencial tanto como produtora de alimentos (superior a 40 t ha⁻¹ de raízes em ciclo de 6 meses) como para a produção de etanol biocombustível, a cultura da batata-doce no Brasil ainda se caracteriza pela baixa produtividade (inferior a 12 t/ha) (INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA - IBGE, 2009), ocasionada não apenas pela não utilização de práticas culturais adequadas, mas, principalmente, pela utilização de materiais genéticos (cultivares) obsoletos e suscetíveis a pragas e a doenças de solo.

Entre os patógenos que atacam a cultura da batata-doce, os nematóides das galhas (*Meloidogyne* spp.) estão entre os mais importantes e são considerados fator determinante para a baixa produtividade brasileira, nessa cultura (SILVEIRA; MALUF, 1993). A utilização de nematicidas como método de controle é uma prática cara e ineficiente, e sua aplicação de forma inadequada pode contaminar o trabalhador, os próprios alimentos e o ambiente. Assim, o uso de genótipos resistentes seria a medida ideal de controle do patógeno na cultura, por não onerar o custo de produção e não ser agressivo ao meio ambiente (PEGARD et al., 2005; PINHEIRO et al., 2009).

Nos últimos anos, várias cultivares e clones de batata-doce foram selecionados no Brasil para resistência a nematoides, principalmente as espécies *M. incognita* raças 1, 2, 3 e 4 e *M. javanica* (CHARCHAR; RITSCHER, 1999;

HUANG; MIRANDA; MALUF, 1986; MARCHESE et al., 2010; PEIXOTO et al., 1998; SILVEIRA et al., 1997; SILVEIRA; MALUF, 1993; SILVEIRA; MALUF; CAMPOS, 1992). As cultivares Palmas e Canuanã, desenvolvidas em parceria entre a Universidade Federal do Tocantins e a Universidade Federal de Lavras, apresentam resistência a *M. javanica* e às quatro raças de *M. incognita*, além de serem altamente produtivas (até 40 t ha⁻¹ em ciclo de 5 meses) (BRITO et al., 2004; SILVEIRA et al., 1997). No entanto, novas espécies de nematoides de galhas têm sido descritas com a habilidade de quebrar a resistência dessas cultivares (CHARCHAR; RITSCHER, 2004).

Dentre estas novas espécies com potencial de infectar e causar doença em cultivares até então tidas como resistentes a nematoides das galhas, encontra-se *Meloidogyne enterolobii* (YANG; EISENBACK, 1983), conhecida também por *Meloidogyne mayaguensis* (RAMMAH; HIRSCHMANN, 1988). Informações sobre a resistência de cultivares comerciais de batata-doce a *M. enterolobii* ainda são escassas no Brasil (CANTU et al., 2009; OLIVEIRA, 2007). Entretanto, Melo et al. (2011) avaliaram a resistência a *M. enterolobii* em genótipos de tomateiro, alface, feijão comum e vagem, pimentas, pimentões e batata-doce e, segundo estes autores, nenhum genótipo de tomateiro analisado, portador ou não do alelo Mi que confere resistência a *M. incognita* e *M. javanica*, foi considerado resistente a esse patógeno. Apresentaram níveis moderados de resistência apenas uma cultivar de feijão, dois acessos de *Capsicum chinense* e três acessos de *Capsicum annum*. Destacaram-se como muito resistentes apenas cinco cultivares de alface e dois clones de batata-doce (UFLA07-49 e UFLA07-53). Considerando a agressividade e a capacidade desse parasita de infectar vários hospedeiros, é de suma importância identificar cultivares ou acessos de batata-doce com resistência.

O presente trabalho foi realizado com os seguintes objetivos: (a) avaliar se há variabilidade genética em uma coleção de clones de batata-doce e estimar

parâmetros genéticos, correlações genotípicas, fenotípicas e de ambiente entre os caracteres envolvidos na seleção de clones com maior aptidão para a produção de etanol e (b) selecionar clones de batata-doce resistentes a *M. enterolobii* e avaliar a eficiência do método de seleção empregado, pela estimação dos coeficientes de variação genética e ambiental, e das herdabilidades no sentido amplo.

2 REFERENCIAL TEÓRICO

2.1 Classificação, origem e importância econômica da batata-doce

A batata-doce, *Ipomoea batatas* (L.) Lam., é uma dicotiledônea pertencente à família Convolvulaceae, cultura pouco exigente em fertilidade do solo, de fácil cultivo, ampla adaptação, alta tolerância à seca e baixo custo de produção (MIRANDA et al., 1987). É uma planta herbácea com caule rastejante, que pode atingir 3 m de comprimento, apresenta folhas com pecíolos longos e trata-se de uma planta de hábito perene, porém, é cultivada como anual (FILGUEIRA, 2000). De forma geral, possui dois tipos de raízes: a de reserva ou tuberosa, que constitui a parte de interesse comercial e as raízes absorventes, responsáveis pela absorção de água e extração de nutrientes do solo. As raízes tuberosas se formam desde o início do desenvolvimento da planta, sendo facilmente identificadas por maior espessura, pouca presença de raízes secundárias e por se originarem de nós. O caule, mais conhecido como rama, pode ser segmentado e utilizado como rama-semente para a formação da lavoura (SILVA; LOPES; MAGALHÃES, 2002).

Jones, Dukes e Schalk (1986) afirmam que o centro de origem da batata-doce não é conhecido com exatidão, mas se aceita a hipótese de ela ser originária da América (sul do México até o norte da América do Sul). Na maioria dos países latino-americanos, a batata-doce tem maior importância para populações de baixa-renda, sendo cultivada em pequenas áreas geográficas, sem muitos cuidados agrônômicos. Já Bringhenti (2009) afirma que ela é originária das Américas Central e do Sul, sendo encontrada desde a Península de Yucatán, no México, até a Colômbia. Relatos de seu uso remontam há mais de dez mil anos, com base em análise de batatas secas encontradas em cavernas localizadas no vale de Chilca Canyon, no Peru e em evidências em escritos arqueológicos

encontrados na região ocupada pelos Maias, na América Central (SILVA et al., 2002).

A batata-doce é cultivada em regiões localizadas desde a latitude de 42° N até 35° S, desde o nível do mar até a 3.000 m de altitude, em locais de climas diversos, como o das Cordilheiras dos Andes, em regiões de clima tropical (como o da Amazônia), temperado (como no do Rio Grande do Sul e Argentina) e até desértico (como o da costa do Pacífico). Adapta-se melhor a áreas tropicais, onde vive a maior proporção de populações pobres. Nessas regiões, além de constituir alimento humano de bom conteúdo nutricional, principalmente como fonte de energia e de proteínas, a batata-doce tem grande importância na alimentação animal e na produção industrial de farinha, amido e, potencialmente, álcool biocombustível. 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).

De acordo com a Food and Agriculture Organization of the United Nations - FAO (2007), a batata-doce é cultivada em 114 países. Cerca de 80% da produção estão na Ásia, 15% na África e 4% no restante do mundo. Apenas 1,5% da produção estão em países industrializados, como Estados Unidos e Japão. A China destaca-se como o maior produtor, atingindo 112 milhões de toneladas por ano (FAO, 2008).

No continente latino-americano, o Brasil é o principal produtor, obtendo, em 2009, produção de 477.472 t, em uma área de 42.245 ha, proporcionando produtividade de 11,3 t ha⁻¹ (IBGE, 2009).

2.2 Composição química e utilização comercial de batata-doce

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).

Por outro lado, as raízes podem apresentar altos teores de carotenos, como beta-caroteno, xantofilas e outros carotenos presentes em quantidades menores. No entanto, quando são processadas ou seus produtos estocados em ambientes com grande concentração de oxigênio, ocorre a perda de caroteno (BOUWKAMP, 1985).

De forma geral, as raízes recém-retiradas do solo possuem baixo teor de sólidos solúveis que tendem a aumentar durante o armazenamento, devido à ação das enzimas amilolíticas (RUIZ, 1984). O amido de batata-doce apresenta excelentes propriedades adesivas, podendo também ser utilizado como substrato para a produção de álcool e de outros produtos industriais fermentados (AMANTE, 1986).

Durante o armazenamento, parte do amido se converte em açúcares solúveis, devido à presença de enzimas amilolíticas, atingindo teores de 13,4% a 29,2% de amido e de 4,8% a 7,8% de açúcares totais redutores. Assim, pode ser considerada, na indústria, matéria-prima para a produção de doces, pães, álcool e

amido de alta qualidade, empregado na fabricação de tecidos, papel, cosméticos, adesivos e glicose (MIRANDA et al., 1995a, 1995b).

2.2.1 Importância do amido

O amido pode ser considerado a principal substância de reserva nas plantas superiores, fornecendo de 70% a 80% das calorias consumidas pelo homem. Os depósitos permanentes de amido nas plantas ocorrem, principalmente, nos órgãos de reserva, como é o caso de grãos de cereais (como o arroz, o milho e o trigo), de tubérculos e de raízes (como a batata, a mandioca, o taro, a batata-doce e outras) e de fabáceas (como o feijão e a ervilha) (CIACCO; CRUZ, 1987; LEONEL; CEREDA, 2002). Além disso, o amido tem características físicas e químicas e qualidade nutricional superiores, quando comparado com outros carboidratos (WHISTLER; BEMILLER, 1997). Estas características estão relacionadas às características estruturais do grânulo, as quais dependem da fonte botânica, do local e das condições de crescimento, entre outras (HERMANSSON; SVEGMARK, 1996; SLATTERY; KAVAKLI; OKITA, 2000).

O amido armazenado nas células de sementes, raízes e tubérculos acha-se depositado na fórmula de grânulos mais ou menos brilhantes, com formas e dimensões diversas e cuja estrutura está intimamente ligada ao seu desenvolvimento na célula viva. Nas células vegetais, os grânulos são formados dentro de estruturas especiais denominadas amiloplastos, envolvidos por uma matriz proteica, o estroma. Os grânulos de amido são estruturas semicristalinas, compostas de macromoléculas lineares e ramificadas, que formam pontes ou ligações de hidrogênio, pois estão associadas paralelamente, o que resulta no aparecimento de regiões cristalinas ou micelares (FRANCO et al., 2001).

Quanto à sua estrutura química, o amido é composto por resíduos de α -D-glucose, formando dois tipos de macromoléculas, a amilose e a amilopectina (FRANCO et al., 2001), que se apresentam em proporções relativamente constantes de 20:80, porém, podem apresentar quantidades relativas de 2% de amilose em amidos cerosos e até cerca de 80% de amilose no “amilomilho” (BULÉON et al., 1998).

De forma geral, para que um vegetal sirva como fonte de amido, deve conter uma quantidade representativa deste carboidrato. Igualmente, deve ser de fácil extração e interesse econômico, pelas suas propriedades. Este último fator justifica a extração de certos amidos em baixo rendimento (AMANTE, 1986).

2.2.1.1 Hidrólise do amido, enzimas amilolíticas e quantificação do amido

A hidrólise da molécula de amido quebra as ligações glicosídicas progressivamente, gerando cadeias mais curtas de dextrina, maltose e glicose. Nesse processo, além de água e da temperatura ideal, há necessidade de agentes químicos ou enzimáticos capazes de catalisar a quebra das ligações glicosídicas. Durante a hidrólise, eliminam-se, gradualmente, as unidades de glicose da extremidade da molécula do substrato. A velocidade da reação depende do tipo (linear ou ramificada) e da extensão da cadeia: as ligações α -1,4 se hidrolisam mais facilmente que as ligações α -1,6 (SUMERLY; ALVAREZ, 1997).

Com relação às enzimas, as que quebram indiferentemente das ligações glicosídicas no interior da molécula são chamadas de endoenzimas (α -amilase, pululanase). Por outro lado, são chamadas de exoenzimas (β -amilase, amiloglucosidase, CGTase) aquelas que hidrolisam a molécula a partir de uma extremidade não redutora (BRINGHENTI, 2009).

Sabe-se que todas as α -amilases são cálcio-metaloenzimas, havendo, no mínimo, um átomo deste metal por molécula. Por exemplo, em presença de

cálcio, as α -amilases são mais resistentes a valores extremos de pH, temperatura, tratamento com ureia e ao ataque de enzimas proteolíticas (GRAEL; MENEZES, 1989).

A amiloglucosidase é uma enzima sacarificante utilizada para produzir glicose a partir do amido, hidrolisando ligações do tipo α -1,4 e α -1,6, de modo que sua ação é lenta no ataque inicial à amilose, pois, sendo uma exoenzima, só atua a partir da extremidade não-redutora e não penetra no interior da estrutura helicoidal da amilose (FUGII; HOMMA; TANIGUCHI, 1988).

Em estudos sobre o efeito de hidrólise de amidos originários de mandioca no perfil de açúcares e fermentação alcoólica, feitos por Abraham, Krishnaswamy e Ramakrishna (1987), foi demonstrado que, no método enzima-enzima, definido pelo sistema que utiliza α -amilase seguido por uma amiloglucosidase, 96% dos açúcares totais presentes no hidrolisado eram glicose, teor superior ao obtido pelo método ácido-enzima definido pelo sistema que utiliza catalisador ácido mineral como dextrinizante, seguido por tratamento com amiloglucosidase (86%). Também foram observados pequenos teores de maltose e maltotriose, tanto no método enzima-enzima quanto no ácido-enzima.

Em outro trabalho, Lloyd e Nelson (1984) mostraram que um hidrolisado com alto teor de glicose apresenta concentração de glicose de 94% em peso e dextrose equivalente (DE) de 96,28, podendo-se, então, calcular a concentração máxima de conversão a partir do amido. A dextrose equivalente (DE) é um indicador do grau de hidrólise do substrato amiláceo. Um hidrolisado com 100 DE tem 100% de seus carboidratos na forma de moléculas de glicose (BRINGHENTI, 2009).

É importante mencionar que a hidrólise ácida diminui o tempo relativo à sacarificação do amido, porém, apresenta uma série de restrições, tais como corrosão de equipamentos, necessidade de correção do pH da solução açucarada, destruição parcial dos açúcares e formação de açúcares não fermentescíveis. Já a

hidrólise enzimática ocorre em reatores nos quais são utilizadas enzimas de origem vegetal ou microbiana, destacando-se as enzimas α -amilase e amiloglucosidase (VENTURINI FILHO; MENDES, 2003).

A maioria das análises de amido é enzimática, confiando na especificidade enzimática para separar o amido de outros carboidratos contendo glicose. Os passos seguidos na avaliação de amido são, normalmente, a gelatinização, a hidrólise e a medição dos produtos finais. Os elementos críticos para uma acurada avaliação do amido são: 1) uma completa gelatinização do amido; 2) especificidade das enzimas; 3) completa hidrólise do amido a glicose; 4) medições específicas da glicose produzida a partir do amido hidrolisado e 5) minimização das interferências (HALL, 2003).

A gelatinização envolve a dissolução das pontes de hidrogênio entre e dentro das moléculas de amido, permitindo a hidratação e a hidrólise enzimática da molécula. Antes da gelatinização, o amido nos grãos processados é cristalino: as porções lineares da molécula são ligadas entre si por pontes de hidrogênio, resultando em uma exclusão da água e resistência à atividade enzimática. Dessa forma, essa estrutura cristalina deve ser rompida para que se consiga uma completa hidrólise enzimática do amido em um intervalo de tempo razoável. O processo de gelatinização é tipicamente realizado com aquecimento com água quente (90 °C a 100 °C) ou, alternativamente, com o uso de uma base (hidróxido de potássio) seguido por uma neutralização. Uma incompleta gelatinização pode levar a uma incompleta hidrólise do amido à glicose (HALL, 2003).

A hidrólise enzimática de somente ligações lineares alfa 1-4 e ramificações alfa 1-6, presentes no amido é o elemento que torna o método específico para o amido e alfa-glucanos, excluindo outros carboidratos que contenham glicose da análise. A amilase termoestável (a qual pode ser adicionada durante o processo de gelatinização) e uma amiloglicosidase são comumente usadas. Cuidados devem ser tomados para garantir condições ótimas

de atuação enzimática (pH e temperatura). Desde que o amido é estimado como a glicose liberada pela hidrólise enzimática, esta deve ser completa ou o amido será subestimado. A presença de outras enzimas, tais como invertase (hidrolisa sacarose) ou celulase (as quais liberam glicose por meio da hidrólise de substratos não amiláceos), podem superestimar a quantidade de amido. As medições dos produtos de hidrólise do amido devem ser realizadas com análises específicas para glicose, tais como a avaliação da glicose oxidase-peroxidase (HALL, 2003).

O conteúdo de amido é calculado como o conteúdo de glicose vezes 0,9, o que permite a subtração do peso de uma molécula de água (18g/mol) para cada molécula de glicose (180g/mol). Esse fator considera a remoção de uma molécula de água durante as ligações covalentes das moléculas de glicose para formar o amido. A glicose deve ser utilizada como padrão para a avaliação do produto final da hidrólise: o uso do amido não é recomendado, pelo fato de ele confiar na completa recuperação do amido (amido medido/amido existente), além de presumir similar recuperação para todas as fontes. De acordo com Hall (2003), ao conduzir-se a análise em uma amostra de amido purificado como controle, é possível realizar a avaliação da enzima, das condições de avaliação e da eficácia da técnica.

Algumas substâncias podem interferir, aumentando ou diminuindo a medição do amido estimado. O método de medição de produtos finais usa glicose ou açúcares redutores, e determina quais substâncias podem interferir na análise. Algumas preparações comerciais de enzimas (amiloglicosidase), especialmente as utilizadas para a análise de fibra dietética, contêm glicose e não devem ser utilizadas para a análise de amido. Mesmo substâncias que não são carboidratos, mas que absorvem o mesmo comprimento de onda no colorímetro, podem, indevidamente, alterar os valores de amido. A interferência de carboidratos de baixo peso molecular pode ser reduzida ou eliminada pelo pré-

extração do material com solução 80% etanol: água (v/v), antes da análise de amido. Alternativamente, a glicose livre pode ser medida em uma amostra de “branco” não tratada com enzima e esse valor ser posteriormente subtraído da amostra hidrolisada. A pureza da enzima pode ser testada analisando-se amostras de sacarose, celobiose ou celulose com o método de amido e quantidades apreciáveis de glicose não deverão ser produzidas (HALL, 2003).

A extensão na qual substâncias podem interferir na análise de amido é dependente do tipo de amostra analisada. Amostras de grãos maduros e silagem, provavelmente, terão poucos carboidratos remanescentes interferindo na análise de amido. O procedimento para a avaliação de amido por meio da detecção dos produtos finais da hidrólise deve ser realizado no mesmo dia para minimizar a degradação dos produtos pela atividade microbiana (HALL, 2003).

2.3 O etanol de batata-doce

O etanol – produzido a partir da biomassa – tem sido reconhecido mundialmente como uma das possíveis soluções para a mitigação de problemas ambientais. Trata-se e como um candidato a ser apoiado com políticas de financiamento – mecanismos de desenvolvimento limpo ou MDL – conforme estabelecido no Protocolo de Kyoto, pelo qual os países membros da União Européia comprometeram-se a reduzir de 5% a 8% das emissões de CO₂, até 2010, em relação aos níveis de 1990 (MAGALHÃES, 2007). Neste contexto, o etanol surge como uma fonte alternativa de energia, que pode ser produzida a partir de varias fontes de biomassa, tais como cana-de-açúcar, que é a mais usual no Brasil, e também por origem de outras culturas, como, por exemplo, as amiláceas, como batata-doce e mandioca, dentre outras (CARVALHO; SATO, 2001).

No entanto, dentre todas estas fontes de matérias-primas citadas, a batata-doce pode ser a cultura que apresenta o menor número de pesquisadores no Brasil envolvidos no seu estudo, seja para ser consumida cozida ou para a indústria. Entre os fatores que contribuem para destacar as características favoráveis de batata-doce estão: ciclo curto de produção (4 a 6 meses), rusticidade no campo, adaptação às condições tropicais, possibilidade de produção em condições de solo de baixa à media fertilidade e, principalmente, baixo custo de produção (SOUZA et al., 2005).

Neste contexto, em fins da década de 1970, Araújo, Castro e Visconti (1979) utilizaram a batata-doce como matéria-prima para a produção de etanol, obtendo rendimento médio de 158 litros de etanol por tonelada de raízes. Porém, observaram que a baixa produtividade de raízes obtida (11 a 13 t ha⁻¹) foi o fator restritivo para a recomendação desta como fonte alternativa para a produção de etanol no Brasil.

Em outro trabalho, na década de 1980, no estado da Califórnia, EUA, Sachs (1980) recomendou a necessidade de substituição do uso de grãos, como o milho, nos processos fermentativos para a obtenção de etanol. Segundo este autor, dentre as várias matérias-primas alternativas para a produção de etanol destacou-se a batata-doce, que foi considerada adequada para esta finalidade. Porém, a produtividade de amido por hectare da batata-doce deve ser superior à dos grãos e as cultivares devem ter alto teor de amido. McArdle e Bouwkamp (1982) avaliaram o potencial da batata-doce para a produção de etanol, utilizando cultivares de batata-doce com alto teor de amido nas raízes. Encontraram produtividades superiores a 5,8 t ha⁻¹ de amido em sistema produtivo com baixa utilização de insumos agrícolas e taxa de conversão em etanol superior a 76%. Estes autores ressaltaram que os custos de armazenamento e transporte de raízes poderiam ser um fator limitante para a implantação de unidades de produção de etanol nos Estados Unidos.

Por outro lado, os rendimentos dos processos fermentativos da massa de batata-doce variam entre 87% e 93%, de acordo com a cultivar e com o teor de matéria seca das raízes (WU, 1988), os quais estão próximos dos 88% obtidos no processo fermentativo do milho (WALL et al., 1983).

Considerando a capacidade produtiva de etanol de batata-doce, Jones, Hamilton e Dukes (1983) fizeram uma avaliação utilizando as cultivares Jewel e Hi-Dry, tendo sido obtidos de 5.332 a 7.109 L ha⁻¹ e de 6.660 a 10.663 L ha⁻¹ de etanol, respectivamente. Porém, estes autores recomendam a adoção de cultivares com maiores teores de matéria seca e a melhoria dos processos fermentativos, como meios de se aumentar os rendimentos de etanol.

Talbert, Sims e Hamming (1983) avaliaram o potencial produtivo de álcool de oito culturas comerciais (milho, cevada, centeio, trigo, sorgo graminífero, sorgo forrageiro, alcachofra-de-jerusalém, no Brasil conhecida como tупinambor, e batata-doce) na região sudoeste dos Estados Unidos. Dentre estas, destacaram-se o milho, a batata-doce e a alcachofra-de-jerusalém. A batata-doce foi a mais viável para a produção de etanol, tendo sido obtidos 1.780 litros de etanol por hectare, com possibilidades de se chegar a 2.806 L ha⁻¹, com custo de, aproximadamente, US\$ 0,42 por litro, rendimentos próximos aos obtidos na cultura do milho (2.132 L ha⁻¹), com custos de produção variando entre US\$ 0,42 a 0,54 por litro de etanol. Já o rendimento da alcachofra-de-jerusalém foi inferior a 1.700 L ha⁻¹ e com alto custo de produção, mínimo de US\$ 0,94 por litro.

Em outro trabalho, Collins (1984) avaliou os teores de matéria seca e proteína e o rendimento de etanol de nove genótipos de batata-doce, na Carolina do Norte (EUA). Na colheita, feita aos 5,5 meses, foram obtidas produtividades entre 31,4 e 58,6 t ha⁻¹ de raízes, na qual as cultivares Pelican Processor e Jewel foram as mais produtivas, respectivamente com 58,6 e 50,2 t ha⁻¹ de raízes. Destas, a 'Pelican Processor' destacou-se pelo maior rendimento de matéria seca

por hectare ($18,3 \text{ t ha}^{-1}$) e de etanol (8.597 L ha^{-1}), com relação de $0,1467$ litros de etanol por kg de raízes. Também foi verificado que o teor de matéria seca das raízes correlacionou-se de forma positiva com o rendimento de etanol ($r=0,96$ e $p\leq 0,01$) e negativamente com o teor de proteína ($r=-0,66$ e $p\leq 0,05$).

Por outro lado, Kim e Hamdy (1985) obtiveram, para a batata-doce cultivar Georgia Red ($23,6\% \pm 1,2$ de matéria seca e $21,4\% \pm 0,6$ de amido), produtividade de $30,8 \text{ t ha}^{-1}$ de raízes, o que equivale a 4.032 litros de etanol por hectare.

No Brasil, especificamente 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 (SILVEIRA, 2008). 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 ($65,5 \text{ t ha}^{-1}$ de raízes, $40,4\%$ de matéria seca e $24,4\%$ de amido), Beatriz (43 t ha^{-1} de raízes, $33,2\%$ de matéria seca e $26,2\%$ de amido), Ana Clara ($45,7 \text{ t ha}^{-1}$ de raízes, $35,4\%$ de matéria seca e $23,4\%$ de amido), Amanda ($46,7 \text{ t ha}^{-1}$ de raízes, $32,4\%$ de matéria seca e $21,4\%$ de amido) e Julia ($40,6 \text{ t ha}^{-1}$ de raízes, $37,4\%$ de matéria seca e $24,6\%$ de amido), com produções de 10.467 , 7.436 , 7.058 , 6.595 e 6.585 L ha^{-1} de etanol, respectivamente, e com custo de produção médio de R\$ $0,42$ por litro de etanol produzido (AGÊNCIA PAULISTA DE TECNOLOGIA DOS AGRONEGÓCIOS - APTA, 2011).

Além da capacidade elevada de produção de etanol, principalmente em cultivares de elevado teor de amido nas raízes, os subprodutos derivados do processo fermentativo têm características adequadas ao uso na alimentação animal, podendo melhorar o resultado econômico das unidades de processamento. A razão de produção de etanol está na ordem $1:6,4$, ou seja, para

a produção de 1 kg de etanol, obtêm-se 6,4 litros de “vinhaça” e teor de sólidos no resíduo líquido entre 4% e 6% (WU, 1988).#

Em razão disso, se comparados os ciclos de produção, a batata-doce com seu curto ciclo reprodutivo (4 a 6 meses) poderia ultrapassar a cana-de-açúcar (12 a 18 meses) e a mandioca (10 a 20 meses) em sua produtividade global. Mas, para que isso ocorra, é necessário investimento em pesquisas voltadas para a melhoria das tecnologias de produção (SOUZA, 2005).

Devido aos esforços recentes de mensuração mais acurada do seu uso e potencial, por meio de novos estudos e melhoramento genético, a imagem da batata-doce como biomassa para a produção de etanol está cada vez mais bem sucedida, por meio dos seguintes fatores: a) uso crescente da biomassa como um vetor energético moderno (graças ao desenvolvimento de tecnologias eficientes de conversão), principalmente em estados industrializados; b) reconhecimento das vantagens ambientais do uso racional da biomassa de batata-doce e c) da crescente pesquisa de bioprocessos na biotecnologia (CAMARGO FILHO; MAZZEI; ALVES, 2001).

A capacidade dessa cultura para usar água eficientemente permite sua exploração em zonas de estação seca prolongada, como algumas regiões do norte, nordeste do Brasil e em outros continentes, como a África. Além disso, sua adaptação aos solos de baixa fertilidade permite a conversão eficiente de energia solar (que é abundante nos trópicos) em carboidratos, sem competir com outras culturas que demandam quantidade maior de nutrientes do solo (MAGALI, 2004). Se bem manejada, a cultura pode até aumentar o rendimento. Em outras palavras, a relativa versatilidade de ser colhida em períodos de 4 a 6 meses de idade permite aos produtores melhor aproveitar as oportunidades de mercado e, em função da demanda, fazer ajustes alternativos dentro das unidades de produção (SOUZA, 2005).

Lebourg (1996) acrescenta, ainda, que a implantação de cultivos de biomassa pode ser uma alternativa lucrativa para os pequenos proprietários rurais ou, até mesmo, pela agricultura familiar que poderia utilizá-la como cultivo complementar, na geração de energia para consumo próprio e ainda prover uma fonte de renda adicional para a agroindústria e outros setores. Diferentemente da cana-de-açúcar, a batata-doce é produzida principalmente por agricultores de pequeno porte com pouco ou nenhum uso de tecnologia moderna, especialmente agroquímicos.

2.4 O gênero *Meloidogyne* e a cultura da batata-doce

Os nematoides, pertencentes ao gênero *Meloidogyne*, são endoparasitas sedentários obrigatórios, possuindo mais de três mil espécies de plantas tidas como hospedeiras em potencial (CASTAGNONE-SERENO, 2002). Também conhecidos como nematoides das galhas, são considerados os mais importantes do mundo (SASSER; FRECKMAN, 1987). Esses fitonematoides causam uma substancial redução na qualidade e produtividade das culturas de importância agrícola, trazendo grandes prejuízos para o agricultor (BRITO et al., 2004; FERRAZ; MENDES, 1992).

Além dos danos causados diretamente pelo parasitismo nas raízes, os nematoides facilitam a penetração de fungos e bactérias, danificando ainda mais a planta (LORDELLO, 1992). Dessa forma, os efeitos dos fitonematoides envolvem queda na produção e na qualidade para uma grande variedade de culturas economicamente importantes (CASTAGNONE-SERENO, 2002).

A ampla distribuição geográfica de algumas espécies de *Meloidogyne*, consideradas cosmopolitas, é facilmente compreendida ao somar o alto grau de polifagia dessas espécies com o comércio (nacional e internacional) indiscriminado de mudas e materiais de propagação vegetativa parasitados por

espécies de *Meloidogyne* que vêm ocorrendo há muitas décadas (FERRAZ, 2001).

A capacidade reprodutiva dos nematoides das galhas varia em função da planta hospedeira, entretanto, se adaptam facilmente a diferentes espécies vegetais, assegurando sua sobrevivência por longos períodos, em diferentes tipos de ecossistemas naturais (FERRAZ, 2001).

Até o final de 2004, 106 espécies do gênero *Meloidogyne* tinham sido descritas, compreendendo 89 espécies nominais, 13 espécies sinonimizadas e quatro espécies *inquirendae* (KARSSSEN; MOENS, 2006).

O ciclo de vida dos nematoides do gênero *Meloidogyne* completa-se, geralmente, sob temperatura de 27 °C, entre o período de 22 a 30 dias. Porém, qualquer espécie reduz ou até mesmo cessa por completo as suas atividades vitais em temperaturas superiores a 40°C ou inferiores a 5°C (FERRAZ, 2001).

Entre os patógenos que atacam a cultura da batata-doce, os nematóides das galhas (*Meloidogyne* spp.) estão entre os mais importantes e são considerados como fator determinante para a baixa produtividade brasileira, nessa cultura (SILVEIRA; MALUF, 1993).

No Brasil, as espécies mais importantes de nematoides em cultivos de batata-doce são *M. incognita* raças 1, 2, 3 e 4 (Kofoid & White) (CHITWOOD, 1949) e *M. javanica* (Treub) (CHARCHAR; MIRANDA, 1989; CHITWOOD, 1949). As espécies *M. arenaria* (Neal) (CHITWOOD, 1949) e *M. hapla* (CHITWOOD, 1949), ocorrem com menor frequência em batata-doce no Brasil.

As raízes secundárias de plantas de batata-doce apresentam grande potencial para acumular população alta dos nematoides. A presença de inúmeras fêmeas com massas de ovos nas raízes secundárias, imperceptíveis a olho nu, sem formação de galhas, conceitua a batata-doce como “falsa não-hospedeira” (CHARCHAR; RITSCHER, 2004). As fêmeas com massas de ovos nas raízes secundárias enfraquecem as plantas, uma vez que as raízes afetadas apresentam

baixa habilidade para absorver água e nutrientes do solo, o que resulta em baixa produtividade (CHARCHAR; MIRANDA, 1989). Já as raízes secundárias de plantas resistentes não apresentam massas de ovos dos nematoides. Na raiz tuberosa, dificilmente são observados sintomas de galhas, exceto em cultivares de elevada suscetibilidade, nas quais as galhas depreciam as raízes qualitativamente para comercialização e consumo (CHARCHAR; RITSCHHEL, 2004).

O controle dos nematoides das galhas em solos infestados é de grande importância para produção satisfatória de batata-doce, mesmo em áreas com baixas infestações por *Meloidogyne* (DALE, 1971).

Nos últimos anos, várias cultivares e clones de batata-doce foram selecionados no Brasil para resistência principalmente às espécies *M. incognita* raças 1, 2, 3 e 4 e *M. javanica* (CHARCHAR; RITSCHHEL, 1999; HUANG; MIRANDA; MALUF, 1986; MARCHESE, 2010; PEIXOTO et al., 1998; SILVEIRA; MALUF, 1993; SILVEIRA; MALUF; CAMPOS, 1992). As cultivares Palmas e Canuanã, desenvolvidas em parceria entre a hoje Universidade Federal do Tocantins e a Universidade Federal de Lavras, têm resistência a *M. javanica* e às quatro raças de *M. incognita*, além de serem altamente produtivas (até 40 toneladas/hectare em ciclo de 5 meses) (BRITO et al., 2004; SILVEIRA et al., 1997). No entanto, novas espécies de nematoides-galhas têm sido descritas com a habilidade de quebrar a resistência dessas cultivares (CHARCHAR; RITSCHHEL, 2004). Dentre estas novas espécies com potencial de infectar e causar doença em cultivares de batata-doce, até então tidas como resistentes a nematoides das galhas, encontra-se o *M. enterolobii*.

2.5 A espécie *Meloidogyne enterolobii*

O nematoide *Meloidogyne enterolobii* pertence à família *Heterodeidae* Filipjev & Scgurnmans Stekhoven, 1941 e gênero *Meloidogyne* Goeldi, 1892. *M. enterolobii* se caracteriza pela configuração perineal, variando do formato circular ao ovalado, tendo seu arco dorsal variando de arredondado a trapezoidal, podendo ser alto ou baixo. Apresenta estrias largamente espaçadas e a região da cauda grande, circular e usualmente sem estrias, com as linhas laterais muitas vezes ausentes (CARNEIRO et al., 2001). Segundo o mesmo autor, as fêmeas possuem o bulbo do estilete reniforme e não visivelmente dividido, enquanto, para machos, os bulbos do estilete são distintamente separados e não divididos longitudinalmente por uma ranhura. Ainda em machos, a região cefálica é alta e retangular e não projetada para fora do corpo. Em estágio J2 (juvenil 2), a cauda afila-se gradualmente até a ponta terminal.

Aparentemente, essa espécie tem sido identificada incorretamente por alguns autores como *M. incognita* ou *M. arenaria*, devido à semelhança de caracteres morfológicos de padrões perineais. As reações de hospedeiros diferenciadores a *M. enterolobii* também conferem com as reações a *M. incognita* raça 2 (RAMMAH; HIRSCHMANN, 1988) e a *M. incognita* raça 4 (BRITO et al., 2004).

Estudos utilizando técnicas moleculares, como RFLP e RAPD, constataram que populações de *M. enterolobii* originárias da África ou das Américas são muito próximas e constituem um grupo único, muito distinto de *M. incognita*, *M. arenaria* e *M. javanica* (BLOCK; PHILLIPS; FARGETTE, 1997; FARGETTE et al., 1996).

No Brasil, *M. enterolobii* foi assinalada pela primeira vez nos municípios de Petrolina (PE), Curaçá e Maniçoba (BA), causando danos severos em plantios comerciais de goiabeira (*Psidium guajava* L.) (CARNEIRO et al.,

2001). Entretanto, estes primeiros relatos de sintomas indicaram esta espécie de fitonematoide como sendo *M. incognita*, uma vez que, morfológicamente, ambas as espécies se assemelham, e a identificação de espécies pelo padrão perineal apenas, um dos mais utilizados na classificação nematológica, não as distingue (ALMEIDA et al., 2008; CARNEIRO et al., 2001).

Posteriormente, foram realizados outros registros dessa espécie em pomares de goiabeira de diversas regiões do Brasil: Rio de Janeiro (LIMA; DOLINSKI; SOUZA, 2003), São Paulo (ALMEIDA et al., 2006; TORRES et al., 2005), Rio Grande do Norte (TORRES et al., 2005), no Vale do Submédio São Francisco (MOREIRA et al., 2003a, 2003b), Ceará (TORRES et al., 2005), Espírito Santo (LIMA et al., 2007), Paraná (CARNEIRO et al., 2006a), Mato Grosso (SOARES et al., 2007), Mato Grosso do Sul (ASMUS; VICENTINI; CARNEIRO, 2007), Santa Catarina e Rio Grande do Sul (GOMES et al., 2008).

O maior número de relatos sobre a infestação de *M. enterolobii* na cultura da goiaba (*Psidium guajava*) pode ser devido ao fato de o nematoide estar, provavelmente, sendo disseminado por mudas provenientes de viveiros contaminados (TORRES et al., 2004). Entretanto, esta espécie de nematoide deve ser considerada polífaga, assim como as outras de seu gênero, uma vez que parasita diversas espécies olerícolas, ornamentais, goiaba, araçá, café, soja e fumo (GUIMARÃES; MOURA; PEDROSA, 2003).

O *M. enterolobii* tem causado sérios prejuízos aos produtores de goiaba na região nordeste do Brasil, pois as plantas atacadas apresentam clorose generalizada, sintomas de deficiência de nutrientes, além da redução na floração e frutificação (MOREIRA et al., 2003a, 2003b). Levantamento preliminar de hospedeiros alternativos deste nematoide, realizado por Lima et al. (2005), permitiu a detecção do referido patógeno em diversas plantas invasoras comuns no município de São João da Barra, Rio de Janeiro, como fedegoso (*Senna spp.* L.), serralha (*Emilia sonchifolia* DC.), beldroega-pequena (*Chamaesyce prostrata*

Ait.), urtiga (*Cnidoscolus urens* (L.) Arthur) e maracujá-do-mato (*Passiflora mucronata* Lam.). O fato de esse nematoide ter sido encontrado em áreas de vegetação nativa de Mata Atlântica sugere que o mesmo não foi introduzido no Brasil, como foi cogitado inicialmente (LIMA et al., 2005).

Populações deste fitonematoide têm atacado plantas de diversas espécies que possuem gene de resistência a outros nematóides do gênero *Meloidogyne*, destacando, dentre os primeiros registros, o tomate Rossol (que possui o gene *Mi*), a soja cv. Forest e batata-doce cv. CDH no oeste da África (FARGETTE, 1987). Brito et al. (2007) observaram também, na Florida, EUA, infecções de *M. enterolobii* em tomateiros portadores de gene *Mi* (BHN 543, BHN 585, BHN 586 e Sanibel), em pimentões com gene de resistência *N* (conhecidos como Charleston Belle) e com genes de resistência não descritos (material 9913/2, SAIS 97.9001 e SAIS 97.9008).

No Brasil, o primeiro registro em hortaliças da presença do *M. enterolobii* em condições de campo foi realizado em São Paulo, onde a sua presença foi detectada em mudas de híbridos de tomateiro resistentes a *M. incognita* das cultivares Débora e Andrea, no porta-enxerto resistente de pimentão Silver e no híbrido suscetível de pimentão ‘Magali-R’ (CARNEIRO et al., 2006b).

O controle de nematoides das galhas em áreas já infestadas tem sido feito por meio de rotação de culturas com plantas de menor suscetibilidade como leguminosas antagônicas e gramíneas. A utilização de plantas resistentes é, comprovadamente, o melhor método de manejo, visto que o controle químico não é recomendado devido ao ciclo curto da cultura e pela falta de registro de um produto específico. Até mesmo o pousio (sem plantas e sem irrigação) por 14 meses foi ineficiente no controle do *M. enterolobii* (SOUZA et al., 2006). Assim, o uso de cultivares resistentes pode contribuir para uma maior produtividade (FLORENTINO et al., 2003).

A resistência genética tem sido a forma mais eficiente e econômica de controle dos nematoides das galhas (PEGARD et al., 2005). Trabalhos avaliando a resistência de cultivares comerciais de hortaliças a *M. enterolobii* são considerados como escassos na literatura (CANTU et al., 2009; FARGETTE, 1987; GUIMARÃES; MOURA; PEDROSA, 2003; OLIVEIRA, 2007). Entretanto, Melo et al. (2011) avaliaram a resistência a *M. enterolobii* em genótipos de tomateiro, alface, feijão comum e vagem, pimentas, pimentões e batata-doce. De acordo com este autor, nenhum genótipo de tomateiro analisado, portador ou não do alelo Mi que confere resistência a *M. incognita* e *M. javanica*, foi considerado resistente a este patógeno. Apresentaram níveis moderados de resistência apenas uma cultivar de feijão, dois acessos de *Capsicum chinense* e três acessos de *Capsicum annum*. Destacaram-se como muito resistentes apenas cinco cultivares de alface e dois clones de batata-doce (UFLA07-49 e UFLA07-53). Considerando a agressividade e a capacidade desse parasita de infectar vários hospedeiros, é de suma importância identificar mais cultivares ou acessos resistentes em batata-doce.

3 CONSIDERAÇÕES GERAIS

Não apenas no Brasil, mas também em todo o mundo, a principal matriz energética continua a mesma: o petróleo. Entretanto, as preocupações mudaram, principalmente em relação ao ambiente, sendo as mudanças do clima um fator determinante. O consenso da comunidade científica em relação ao aquecimento do planeta, devido ao aumento das emissões de poluentes provenientes da queima de combustíveis fósseis, reacendeu o interesse sobre os biocombustíveis. O uso da biomassa para a produção de álcool no Brasil está concentrado totalmente no setor sucroalcooleiro, tendo como fonte principal a cana-de-açúcar. Faz-se necessário, portanto, um planejamento energético no longo prazo a fim de estabelecer novas diretrizes para os investimentos, buscando o suprimento de energia a partir de alternativas energéticas.

Assim, raízes como a mandioca e a batata-doce são fontes de biomassa citadas no Brasil como importantes, potencialmente, para a produção de etanol. A batata-doce (*Ipomoea batatas* (L.) Lam) se configura como importante objeto de estudo, pelo potencial de produção de energia da biomassa. No entanto, a cultura da batata-doce no Brasil ainda se caracteriza pela baixa produtividade, que é ocasionada não apenas pelo desconhecimento de práticas culturais adequadas, mas, principalmente, pela utilização de materiais genéticos (cultivares) obsoletos, susceptíveis a pragas e a doenças de solo. Entre os problemas fitossanitários que têm sido os principais entraves a um aumento mais expressivo da produtividade, observam-se infestações pelos nematóides das galhas (*Meloidogyne* spp.), os quais são de difícil controle em função da alta incidência e da severidade em áreas tropicais e subtropicais do mundo. O controle desses fitopatógenos está associado a um conjunto de medidas preventivas que, na maioria das vezes, não são eficientes. Um dos métodos mais promissores para o controle desses patógenos é o uso de cultivares resistentes.

A presença de variabilidade genética na cultura da batata-doce pode permitir encontrar e introduzir resistência a esses patógenos, possibilitando encontrar não apenas clones com grande potencial para produção de etanol, bem como resistentes ao *M. enterolobii*, que é uma das espécies de *Meloidogyne* tidas como uma das mais agressivas.

REFERÊNCIAS

- ABRAHAM, T. E.; KRISHNASWAMY, C.; RAMAKRISHNA, S. V. Effects of hydrolysis conditions of cassava on the oligosaccharide profile and alcohol fermentation. **Starch Stärke**, Hamburg, v. 39, n. 7, p. 237-240, Oct. 1987.
- AGÊNCIA PAULISTA DE TECNOLOGIA DOS AGRONEGÓCIOS. **Batata-doce (*Ipomoea batatas* (L) Lam):** matéria-prima alternativa para a produção de etanol. Disponível em: <http://www.apta.sp.gov.br/cana/coletanea/batata-doce_teresa_losada.doc>. Acesso em: 22 mar. 2011.
- ALMEIDA, E. J. de et al. Novos registros sobre *Meloidogyne mayaguensis* no Brasil e estudo morfológico comparativo com *M. incógnita*. **Nematologia Brasileira**, Brasília, v. 32, n. 3, p. 236-241, maio/jun. 2008.
- _____. Ocorrência de *Meloidogyne mayaguensis* na cultura da goiaba (*Psidium guajava*) no estado de São Paulo. **Nematologia Brasileira**, Brasília, v. 30, n. 1, p. 112-113, jan./fev. 2006.
- AMANTE, E. R. **Caracterização de amidos de variedades de mandioca (*Manihot esculenta*, Crantz) e de batata-doce (*Ipomoea batatas*)**. 1986. 109 f. Dissertação (Mestrado em Ciência e Tecnologia de Alimentos) - Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, MG, 1986.
- ARAÚJO, N. Q.; CASTRO, H. F.; VISCONTI, A. E. S. **Batata-doce:** parâmetros preliminares na tecnologia de produção de etanol. Rio de Janeiro: INT, 1979. 28 p.
- ASMUS, G. L.; VICENTINI, E. M.; CARNEIRO, R. M. D. G. Ocorrência de *Meloidogyne mayaguensis* em goiabeira no Estado de Mato Grosso do Sul. **Nematologia Brasileira**, Brasília, v. 31, n. 1, p. 112-115, jan./fev. 2007.
- BLOCK, V. C.; PHILLIPS, M. S.; FARGETTE, M. Comparison of sequences from the ribosomal DNA intergenic region of *Meloidogyne mayaguensis* and other major root-knot nematodes. **Journal of Nematology**, College Park, v. 29, n. 1, p. 16-22, Jan./Feb. 1997.
- BOUWKAMP, J. C. **Sweet potato products:** a natural e resource for the tropics. Davis: Library of Congress Cataloging, 1985. 271 p.

BRINGHENTI, L. A. **Produção de destilado alcoólico a partir de mosto fermentado de batata-doce**. 2009. 135 p. Tese (Doutorado em Agronomia) - Universidade Estadual Paulista, Botucatu, 2009.

BRITO, J. et al. Morphological and molecular characterization of *Meloidogyne mayaguensis* isolates from Florida. **Journal of Nematology**, Hanover, v. 36, n. 3, p. 232-240, June 2004.

BRITO, J. A. et al. Effects of the Mi-1, N and Tabasco genes on infection and reproduction of *Meloidogyne mayaguensis* on tomato and pepper genotypes. **Journal of Nematology**, Hanover, v. 39, n. 4, p. 327-332, Dec. 2007.

BULÉON, A. et al. Starch granules: structure and biosynthesis. **International Journal of Biological Macromolecules**, Guildford, v. 23, n. 1, p. 85-112, Mar. 1998.

CAMARGO FILHO, W. P.; MAZZEI, A. R.; ALVES, H. S. Mercado de raízes e tubérculos: análise de preços. **Informações Econômicas**, São Paulo, v. 31, n. 2, p. 36-44, 2001.

CANTU, R. R. et al. Reação de porta enxertos comerciais de tomateiro a *Meloidogyne mayaguensis*. **Summa Phytopathologica**, Jaguariúna, v. 35, n. 3, p. 216-218, 2009.

CARNEIRO, R. M. D. G. et al. Identificação de *Meloidogyne mayaguensis* em goiabeira e em plantas invasoras, em solo argiloso, no Estado do Paraná. **Nematologia Brasileira**, Brasília, v. 30, n. 3, p. 293-298, nov. 2006a.

_____. Primeiro registro de *Meloidogyne mayaguensis* parasitando plantas de tomate e pimentão resistentes à meloidoginose no estado de São Paulo. **Nematologia Brasileira**, Brasília, v. 30, n. 1, p. 81-86, 2006b.

_____. Primeiro relato de fitonematóide *Meloidogyne mayaguensis* parasitando goiaba (*Psidium guajava* L.) cv. Paluma. **Nematologia Brasileira**, Brasília, v. 25, n. 1, p. 55-57, jan./mar. 2001.

CARVALHO, J. C. M. de; SATO, S. Fermentação descontínua. In: _____. **Biotecnologia industrial: engenharia bioquímica**. São Paulo: E. Blücher, 2001. v. 2, p. 193-204.

CASTAGNONE-SERENO, P. Genetic variability in parthenogenetic root-knot nematodes, *Meloidogyne* spp.; and their ability to overcome plant resistance genes. **Nematology**, College Park, v. 4, n. 5, p. 605-608, Sept. 2002.

CENTRO INTERNACIONAL DE LA PAPA. **CIP sweetpotato facts-socioeconomic indicators**. Disponível em:
<<http://www.cipotato.org/market/Sweetpfacts/swtpind.htm>>. Acesso em: 21 abr. 2005.

CHARCHAR, J. M.; MIRANDA, J. E. C. Seleção de clones de batata-doce para resistência à nematóides de galhas (*Meloidogyne* spp.). **Horticultura Brasileira**, Brasília, v. 7, n. 1, p. 49, 1989. Resumo.

CHARCHAR, J. M.; RITSCHER, P. S. **Avaliação do banco de germoplasma de Batata-doce da Embrapa hortaliças para resistência a *Meloidogyne* spp.** Brasília: EMBRAPA/CNPH, 2004. 28 p. (Boletim de Pesquisa e Desenvolvimento, 3).

_____. Resistência de batata-doce à infecção por nematóides das galhas. **Horticultura Brasileira**, Brasília, v. 17, n. 3, p. 282, 1999. Resumo.

CHITWOOD, B. G. Root-knot nematodes part I: a revision of the genus *Meloidogyne* Göldi, 1887. **Proceedings of the Helminthological Society of Washington**, Washington, v. 16, p. 90-104, 1949.

CIACCO, C. F.; CRUZ, R. **Tecnologia agroindustrial: fabricação de amido e sua utilização**. São Paulo: Fundação Tropical de Pesquisas e Tecnologia, 1987. v. 7, 152 p.

COLLINS, W. W. Progress in developing sweet potato (*Ipomoea batatas* (L.) Lam.) cultivars for fuel alcohol production. In: SYMPOSIUM OF THE INTERNATIONAL SOCIETY FOR TROPICAL ROOTS AND CROPS, 6., 1984, Lima. **Proceedings...** Lima: ISTRC, 1984. p. 571-575.

DALE, P. S. Cracking in kimura. **New Zealand Journal of Agriculture**, Melbourne, v. 11, n. 6, p. 33-37, 1971.

FARGETTE, M. Use of the esterase phenotype in the taxonomy of the genus *Meloidogyne*: esterase phenotypes observed in West African populations and their characterization. **Revue de Nématologie**, Paris, v. 10, n. 1, p. 45-56, 1987.

FARGUETTE, M. et al. An RFLP study of relationships between species, populations and resistance breaking lines of tropical species of *Meloidogyne*. **Fundamental and Applied Nematology**, Montrouge, v. 19, n. 2, p. 193-200, 1996.

FERRAZ, L. C. C. B. As meloidoginoses da soja: passado, presente e futuro. In: SILVA, J. F. V. (Org.). **Relações parasito-hospedeiro nas meloidoginoses da soja**. Londrina: EMBRAPA Soja; Sociedade Brasileira de Nematologia, 2001. p. 15-38.

FERRAZ, S.; MENDES, M. L. O nematoide das galhas. **Informe Agropecuário**, Belo Horizonte, v. 16, n. 172, p. 43-45, 1992.

FILGUEIRA, F. A. R. **Novo manual de olericultura: agrotecnologia moderna na produção e comercialização de hortaliças**. Viçosa, MG: UFV, 2000. 402 p.

FLORENTINO, C. E. T. et al. Influência dos nematoides das galhas *Meloidogyne* spp.; na produção da alface em ambiente protegido. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE OLERICULTURA, 43., 2003, Recife. **Anais...** Recife: SOB/UFRPE, 2003. p. 306.

FOOD AND AGRICULTURE ORGANIZATION OF THE UNITED NATIONS. **Agricultural production, primary crops**. Rome, 2007. Disponível em: <<http://www.fao.org>>. Acesso em: 11 jun. 2011.

_____. **Food and agricultural commodities production**. Rome, 2008. Disponível em: <<http://faostat.fao.org/site/339/default.aspx>>. Acesso em: 25 jul. 2011.

FRANCO, C. M. L. et al. **Propriedades gerais do amido**. São Paulo: Fundação Cargil, 2001. v. 1, 224 p. (Cultura de Tuberosas Amiláceas Latino Americanas).

FUJII, M.; HOMMA, T.; TANIGUCHI, M. Synergism of α -amylase and glucoamylase on hydrolysis of native starch granules. **Biotechnology and Bioengineering**, New York, v. 32, n. 7, p. 910-915, Sept. 1988.

GOMES, V. M. et al. Caracterização do estado nutricional de goiabeiras em declínio parasitadas por *Meloidogyne mayaguensis*. **Nematologia Brasileira**, Brasília, v. 32, n. 2, p. 154-160, 2008.

GRAEL, E. T.; MENEZES, T. J. B. Produção de α -amilase: características morfofisiológicas de *B. amyloliquefaciens* visando melhoramento genético. **Coletânea do Instituto de Tecnologia de Alimentos**, Campinas, v. 19, n. 1, p. 70-76, 1989.

GUIMARÃES, L. M.; MOURA, R. M.; PEDROSA, E. M. R. Parasitismo de *Meloidogyne mayaguensis* em diferentes espécies botânicas. **Nematologia Brasileira**, Brasília, v. 27, n. 2, p. 139-145, abr./jun. 2003.

HALL, M. B. Challenges with nonfiber carbohydrate methods. **Journal of Animal Science**, Champaign, v. 81, n. 12, p. 3226-3232, Dec. 2003.

HERMANSSON, A. M.; SVEGMARK, K. Development in the understanding of starch functionality. **Trends in Food Science and Technology**, Cambridge, v. 7, n. 11, p. 345-353, Nov. 1996.

HUANG, S. P.; MIRANDA, J. E. C.; MALUF, W. R. Resistance to root-knot nematodes in Brazilian sweet potato collection. **Fitopatologia Brasileira**, Brasília, v. 11, n. 4, p. 761-766, jul./ago. 1986.

INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA. **Lavouras temporárias, Brasil**: batata-doce. Rio de Janeiro, 2009. Disponível em: <<http://www.ibge.gov.br/estadosat/temas.php?sigla=mg&tema=lavouratemporaria2009>>. Acesso em: 1 jun. 2011.

JONES, A.; DUKES, P. D.; SCHALK, J. M. Sweet potato breeding. In: BASSETT, M. J. (Ed.). **Breeding vegetable crops**. Westport: AVI, 1986. p. 1-35.

JONES, A.; HAMILTON, M. G.; DUKES, P. D. Progress in developing sweet potato (*Ipomoea batatas* (L.) Lam.) cultivars for fuel alcohol production. In: ANNUAL SOLAR BIOMASS WORKSHOP, 3., 1984, Atlanta. **Proceedings...** Atlanta: SSB, 1984. p. 195-198.

KARSSSEN, G.; MOENS, M. Root-knot nematodes. In: PERRY, R. N.; MOENS, M. (Ed.). **Plant nematology**. Wallingford: CAB International, 2006. p. 59-90.

KIM, K.; HAMDY, M. K. Acid hydrolysis of sweet potato for ethanol production. **Biotechnology and Bioengineering**, New York, v. 27, n. 3, p. 310-320, June 1985.

KOHYAMA, K.; NISHINARY, 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.

LEBOURG, C. **Brasamide et la féculé**: une historie de amour. Botucatu: UNESP, 1996. 59 p.

LEONEL, M.; CEREDA, M. P. Caracterização físico-química de algumas tuberosas amiláceas. **Ciência e Tecnologia de Alimentos**, Campinas, v. 22, n. 1, p. 65-69, 2002.

LIMA, I. M.; DOLINSKI, C. M.; SOUZA, R. M. Dispersão de *Meloidogyne mayaguensis* em goiabais de São João da Barra (RJ) e relato de novos hospedeiros dentre plantas invasoras e cultivadas. **Nematologia Brasileira**, Brasília, v. 27, n. 2, p. 257-258, mar./abr. 2003.

LIMA, I. M. et al. *Meloidogyne* spp. from preserved areas of Atlantic Forest in the State of Rio de Janeiro, Brazil. **Nematologia Brasileira**, Brasília, v. 29, n. 1, p. 31-38, jan./fev. 2005.

_____. Ocorrência de *Meloidogyne mayaguensis* em goiabeira cv. 'Paluma' no Estado do Espírito Santo. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE NEMATOLOGIA, 27., 2007, Goiânia. **Anais...** Goiânia: UFG, 2007. p. 96-97.

LLOYD, N. E.; NELSON, W. J. Glucose and fructose containing sweetener from starch. In: WHISTLER, R.; BEMILLER, J. N.; PASCHALL, E. F. (Ed.). **Starch chemistry and technology**. 2nd ed. Orlando: Academic, 1984. p. 611-660.

LORDELLO, L. G. E. **Nematoides das plantas cultivadas**. 8. ed. São Paulo: Nobel, 1992. 314 p.

MAGALHÃES, K. A. B. **Análise da sustentabilidade da cadeia produtiva de etanol de batata-doce no município de Palmas, TO**. 2007. 121 f. Dissertação (Mestrado em Ciências do Ambiente) - Universidade Federal do Tocantins, Palmas, 2007.

MAGALI, L. **Technical and economical evaluation of the alcohol production from cassava fibrous waste using pectinase as a complementary enzyme**. 2004. 143 p. Tese (Doutorado em Energia na Agricultura) - Universidade Estadual Paulista, Botucatu, 2004.

MARCHESE, A. et al. Seleção de clones de batata-doce resistentes a *Meloidogyne incognita* raça I. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v. 45, n. 9, p. 997-1004, set. 2010.

MCARDLE, R. N.; BOUWKAMP, J. C. Potential of sweet potato as a feedstock for small scale fuel ethanol production. **Hortscience**, Alexandria, v. 17, n. 3, p. 534-538, 1982.

MELO, O. D. et al. Triagem de genótipos de hortaliças para resistência a *Meloidogyne enterolobii*. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v. 46, n. 8, p. 829-835, ago. 2011.

MIRANDA, J. E. C. et al. **Batata-doce**. Brasília: EMBRAPA-CNPq, 1987. 14 p. (Circular Técnica, 3).

_____. **Cultivo da batata-doce (*Ipomoea batatas* L) Lam**. Brasília: Centro Nacional de Pesquisa de Hortaliças, 1995a. 18 p. (Instrução Técnica, 7).

_____. **Cultura da batata-doce**. Brasília: EMBRAPA, 1995b. 94 p.

MOMENTÉ, V. V. et al. Desenvolvimento de cultivares de batata-doce no estado do Tocantins, visando à produção de álcool, como fonte alternativa de energia para as condições tropicais. **Horticultura Brasileira**, Brasília, v. 22, n. 2, p. 340-342, jul. 2004. Suplemento.

MOREIRA, W. A. et al. Espécies de nematoides das galhas associados a culturas no Sub-médio São Francisco. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE NEMATOLOGIA, 24., 2003, Petrolina. **Resumos...** Petrolina: Sociedade Brasileira de Nematologia, 2003b. p. 256-257.

_____. Subsídios ao manejo integrado de nematoides das galhas em goiabeira no submédio do vale do São Francisco, Brasil. In: SIMPÓSIO DE LA GUAYABA, 1., 2003, Aguascalientes. **Anales...** Aguascalientes: Universidad del Mexico, 2003a. p. 233-243.

OLIVEIRA, D. C. **Enxertia de plantas de pimentão em *Capsicum* spp. no manejo de nematoides de galha**. 2007. 134 p. Tese (Doutorado em Ciências Agrárias) - Universidade Estadual Paulista, Jaboticabal, 2007.

PEGARD, A. et al. Histological species related to phenolics accumulation in *Capsicum annuum*. **Phytopathology**, Saint Paul, v. 985, n. 2, p. 158-165, 2005.

PEIXOTO, J. R. et al. Seleção de genótipos de batata-doce resistentes ao nematóide das galhas (*Meloidogyne* spp.). **Fitopatologia Brasileira**, Brasília, v. 23, n. 1, p. 51-53, jan./mar. 1998.

PINHEIRO, J. B. et al. **Identificação de fontes de resistência ao nematóide *Meloidogyne mayaguensis* em acessos de tomateiro (*Solanum Lycopersicon*)**. Brasília: EMBRAPA Hortaliças, 2009. 19 p. (Boletim de Pesquisa e Desenvolvimento, 56).

RAMMAH, A.; HIRCHMANN, H. *Meloidogyne mayaguensis* n. sp. (Meloidogynidae), a root-knot nematode from Puerto Rico. **Journal of Nematology**, College Park, v. 20, n. 1, p. 58-69, Mar. 1988.

RUIZ, F. S. **Estudo das variáveis envolvidas no processo de obtenção de farinhas pré-gelatinizadas de batata-doce, por desidratação por rolos aquecidos (Doublé Drum Dryer)**. 1984. 104 f. Dissertação (Mestrado em Tecnologias de Alimentos) - Universidade Estadual de Campinas, Campinas, 1984.

SACHS, R. M. Crops feedstock for fuel alcohol production. **California Agriculture**, Oakland, v. 34, n. 6, p. 11-14, Dec. 1980.

SASSER, J. N.; FRECKMAN, D. W. A world perspective on nematology: the role of the society. In: VEECH, J. A.; DICKSON, D. W. (Ed.). **Vistas on nematology**. Maryland: Society of Nematologists, 1987. p. 7-14.

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.

SILVEIRA, M. A. Batata-doce: uma nova alternativa para a produção de etanol. In: INSTITUTO EUVALDO LODI. **Álcool combustível**. Brasília, 2008. v. 1, p. 109-122.

SILVEIRA, M. A. et al. Palmas e Canuanã: novas cultivares de batata-doce resistentes aos nematóides do gênero *Meloidogyne*. **Horticultura Brasileira**, Brasília, v. 15, n. 2, p. 122-123, nov. 1997.

SILVEIRA, M. A.; MALUF, W. R. Resistência de clones de batata-doce à *Meloidogyne* spp. **Horticultura Brasileira**, Brasília, v. 11, n. 2, p. 131-133, abr./jun. 1993.

SILVEIRA, M. A.; MALUF, W. R.; CAMPOS, V. P. Avaliação da resistência à *Meloidogyne javanica* em uma coleção de clones de batata-doce. **Nematologia Brasileira**, Piracicaba, v. 6, n. 1/2, p. 98, 1992. Resumo.

SLATTERY, C. J.; KAVAKLI, I. H.; OKITA, T. W. Engineering starch for increase quantity and quality. **Trends in Plant Science**, Oxford, v. 5, n. 7, p. 291-297, Sept. 2000.

SOARES, P. L. M. et al. Controle biológico de *Meloidogyne mayaguensis* em goiabeira com fungos nematófagos. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE NEMATOLOGIA, 27., 2007, Goiânia. **Resumos...** Goiânia: UFG, 2007. p. 142.

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.

SOUZA, F. R. et al. Quantificação de diferentes concentrações enzimáticas de alfa-amilase e amiloglicosidase em fermentação de meio hidrolisado para produção de álcool a partir da cultura de batata-doce. In: CONGRESSO CIENTÍFICO DA UNIVERSIDADE FEDERAL DO TOCANTINS, 1., 2005, Palmas. **Anais...** Palmas: UFTO, 2005. 1 CD-ROM.

SOUZA, R. M. et al. Manejo de nematoides-das-galhas da goiabeira em São João da Barra, RJ e relato de novos hospedeiros. **Nematologia Brasileira**, Brasília, v. 30, n. 2, p. 165-169, nov. 2006.

SUMERLY, R. H.; ALVAREZ, H. **Hidrolisados de amido no Brasil e sua produção**. Botucatu: Centro de Raízes Tropicais, 1997. 49 p.

TALBERT, D. M.; SIMS, E. T.; HAMMING, M. D. The ethanol production potencial of sweet potato and jerusalem artichoke: a review conducted for the savannah river plant. **Hortscience**, Alexandria, v. 18, n. 2, p. 168-170, 1983.

TORRES, G. R. C. et al. *Meloidogyne mayaguensis* em *Psidium guajava* no Rio Grande do Norte. **Fitopatologia Brasileira**, Brasília, v. 29, n. 5, p. 570-570, set./out. 2004.

_____. Ocorrência de *Meloidogyne mayaguensis* em goiabeira no Estado do Ceará. **Nematologia Brasileira**, Brasília, v. 29, n. 1, p. 105-107, jan./fev. 2005.

VENTURINI FILHO, W. G.; MENDES, B. P. Fermentação alcoólica de raízes tropicais. In: FRANCO, C. M. F. et al. (Ed.). **Culturas de tuberosas amiláceas Latino Americanas**: tecnologia, usos e potencialidades de tuberosas amiláceas Latino Americanas. São Paulo: Fundação Cargill, 2003. v. 3, p. 530-576.

WALL, J. S. et al. Effect of recycling distillers solubles on alcohol and feed production from corn fermentation. **Journal of Agriculture and Food Chemistry**, Easton, v. 31, n. 4, p. 770-775, Apr. 1983.

WHISTLER, R. L.; BEMILLER, J. N. Starch. In: _____. **Carbohydrate chemistry for the food science**. Saint Paul: Eagan, 1997. p. 117-151.

WU, Y. V. Characterization of sweet potato stillage and recovery of stillage solubles by ultrafiltration and reverse osmosis. **Journal of Agriculture and Food Chemistry**, Easton, v. 36, n. 2, p. 252-256, Feb. 1988.

YANG, B. J.; EISENBACK, J. D. *Meloidogyne enterolobii* n. sp. (Meloidogynidae), a root-knot nematode parasitizing pacara earpod tree in China. **Journal of Nematology**, College Park, v. 15, n. 3, p. 381-391, July 1983.

SEGUNDA PARTE - ARTIGOS

ARTIGO 1

**VARIABILIDADE GENÉTICA PARA A PRODUÇÃO DE ETANOL EM
COLEÇÃO DE CLONES DE BATATA-DOCE**

**Artigo redigido conforme norma da revista Pesquisa Agropecuária
Brasileira – PAB (Versão preliminar)**

Variabilidade genética para a produção de etanol em coleção de clones de batata-doce

Ranoel José de Sousa Gonçalves⁽¹⁾, Wilson Roberto Maluf⁽²⁾ e Roberta Pereira Miranda Fernandes⁽³⁾

⁽¹⁾Universidade Federal de Lavras (UFLA), Departamento de Biologia, Caixa Postal 3.037, CEP 37200-000. Lavras, MG. E-mail: ranoelgoncalves@hotmail.com, ⁽²⁾UFLA, Departamento de Agricultura. E-mail: wrmaluf@dag.ufla.br, ⁽³⁾ Universidade Federal de Sergipe (UFS), Departamento de Fisiologia. E-mail: robertafernandes@ufs.br.

Resumo – Este trabalho foi realizado com os objetivos de avaliar se há variabilidade genética em coleção de clones de batata-doce da Universidade Federal de Lavras para características de importância na produção de etanol biocombustível e estimar os parâmetros genéticos e as correlações genotípicas, fenotípicas e de ambiente entre os caracteres, de modo a orientar etapas posteriores do programa de melhoramento. O delineamento empregado foi o de blocos aumentados, com 96 genótipos, utilizados como tratamentos regulares, distribuídos em 6 blocos, com 24 tratamentos cada. Como tratamentos comuns a cada bloco foram utilizadas quatro cultivares comerciais (Brazlândia Branca, Brazlândia Rosada, Brazlândia Roxa e Palmas), além dos acessos UFLA-07-43 e UFLA-07-49. Foram avaliadas as seguintes características: produtividade de raízes ($t \cdot ha^{-1}$), % amido na raiz fresca, rendimento em etanol por tonelada de raízes ($L \cdot t^{-1}$), rendimento potencial de etanol ($L \cdot ha^{-1}$) e densidade de raízes (peso específico). Houve grande variabilidade genética entre genótipos de batata-doce para todas as características estudadas. Os coeficientes de variação genética (CV_g), herdabilidades no sentido amplo (h_a^2) e a razão $b = CV_g / CV_e$ indicam uma situação favorável para a seleção em todas características analisadas. Trinta e sete genótipos foram selecionados como promissores para a produção de etanol para serem submetidos às etapas posteriores do programa de melhoramento. Para todos os pares de caracteres estudados houve grande similaridade entre os coeficientes de correlação genotípica e fenotípica, sendo, em todos os casos, as correlações genotípicas maiores que as fenotípicas. Foram altas as correlações genotípicas entre o rendimento em etanol ($L \cdot ha^{-1}$), por um lado e a produtividade de raízes ($t \cdot ha^{-1}$), o rendimento em etanol ($L \cdot t^{-1}$) e percentagem de amido nas raízes, por outro.

Termos para indexação: *Ipomoea batatas*, produtividade de raízes, % amido, rendimento potencial de etanol.

Genetic variability for ethanol production in sweetpotatoes

Abstract – The objectives of this work were evaluating whether there is genetic variability in collection of sweet potato clones of the Universidade Federal de Lavras (Federal University of Lavras) for characteristics of importance in biofuel ethanol production and estimating genetic parameters and genotypic, phenotypic and environmental parameters among the traits in order to guide further steps of the breeding program. The design employed was that of increased blocks with 96 genotypes, used as regular treatments, distributed into six blocks with 24 treatments each. As common treatments for each block four commercial cultivars (Brazlândia Branca, Brazlândia Rosada, Brazlândia Roxa e Palmas) were utilized, in addition to the accessions UFLA-07-43 e UFLA-07-49. The following characteristics were evaluated: root yield ($t \cdot ha^{-1}$), % starch in the fresh root, ethanol yield per ton of roots ($L \cdot t^{-1}$), potential ethanol yield ($L \cdot ha^{-1}$) and root density (specific weight). There was great genetic variability among the sweet potato genotypes for all the characteristics studied. The coefficients of genetic variation (CV_g), heritabilities in the broad sense (h_a^2) and the ratio $b = CV_g / CV_e$, indicate a situation favorable to the selection in all the characteristics investigated. Thirty-seven genotypes were selected as promising to ethanol production to be submitted to later steps of the breeding program. For all the pairs of traits studied, there was great similarity among the genotypic and phenotypic correlation coefficients, in all the cases the genotypic correlations being higher than the phenotypic ones. The genotypic correlations between the ethanol yield ($L \cdot ha^{-1}$), on the one hand, root yield ($t \cdot ha^{-1}$), the ethanol yield ($L \cdot t^{-1}$) and percentage of starch in the roots, on the other.

Index terms: *Ipomoea batatas*, root yield, % starch, potential yield of ethanol.

Introdução

As exigências ambientais, aliadas às circunstâncias do mercado mundial de petróleo, têm levado muitos países a procurarem fontes renováveis de combustível, espelhando-se, principalmente, na experiência brasileira com a produção e o uso dessas fontes.

Dentre os biocombustíveis (etanol, biodiesel e até mesmo metanol), o mais promissor pode ser o etanol, ou álcool etílico, de forma molecular C_2H_6O , um álcool incolor e solúvel em água, produzido por meio da fermentação da sacarose por determinadas leveduras (Leite, 2006). O etanol pode ter como matéria-prima várias fontes de biomassa, tais como cana-de-açúcar — que é a mais usual no Brasil — e também a beterraba e culturas amiláceas, como batata-doce e mandioca.

Embora pouco utilizada ainda no Brasil para esta finalidade, a batata-doce pode ser a espécie vegetal que pode apresentar os melhores resultados para a produção de álcool biocombustível. Cultivares de batata-doce obtidas por meio de melhoramento genético chegaram a revelar índices de produtividade em rendimento etílico por hectare duas vezes maior do que o da cana-de-açúcar, bem como vantagens econômicas para os pequenos produtores (Momenté et al., 2004; Silveira, 2008a, Gonçalves Neto, 2011).

Entre as características favoráveis da batata-doce estão: ciclo curto de produção (4 a 6 meses), rusticidade no campo, adaptação às condições tropicais, possibilidade de produção em condições de solo de baixa a média fertilidade e, principalmente, baixo custo de produção (Souza et al., 2005). No entanto, a plena utilização da batata-doce como alternativa energética enfrenta algumas limitações de ordem fitotécnica, pois nem todos os clones possuem elevada produção de biomassa nas raízes, alta densidade, alta percentagem de amido e alto rendimento potencial de etanol - algumas características indispensáveis para

viabilizar sua exploração como fonte de etanol em bases sustentáveis e baixo custo.

No Brasil, especificamente 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 bioenergia (SILVEIRA, 2008b). Neste programa foram selecionados genótipos de alta produtividade e alto 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 rendimento de etanol. Destacaram-se as cultivares Duda (65,5 t ha⁻¹ de raízes, 40,4% de matéria seca e 24,4% de amido), Beatriz (43 t ha⁻¹ de raízes, 33,2% de matéria seca e 26,2% de amido), Ana Clara (45,7 t ha⁻¹ de raízes, 35,4% de matéria seca e 23,4% de amido), Amanda (46,7 t ha⁻¹ de raízes, 32,4% de matéria seca e 21,4% de amido) e Julia (40,6 t ha⁻¹ de raízes, 37,4% de matéria seca e 24,6% de amido), com produções de 10.467, 7.436, 7.058, 6.595 e 6.585 L ha⁻¹ de etanol, respectivamente, e com custo de produção médio de R\$ 0,42 por litro de etanol produzido (APTA, 2011). Gonçalves Neto (2011) avaliou características importantes para as principais utilizações da batata-doce (consumo humano, alimentação animal e produção de etanol) e constatou a superioridade de rendimento em etanol de alguns clones de batata-doce frente à cana-de-açúcar, demonstrando, portanto, necessidade da avaliação contínua de clones de batata-doce, no intuito de identificar genótipos que apresentem boas combinações dessas diferentes características.

Para o processo de seleção, seria também importante verificar se há correlações genótípicas, fenotípicas e ambientais entre os caracteres envolvidos na aptidão para a produção de etanol, pois, se dois caracteres apresentarem alta correlação genotípica, é possível selecionar para um deles por meio da seleção no caráter associado. Isso seria vantajoso, principalmente quando um caráter tem

alto valor agrícola, mas tem baixa herdabilidade ou quando o caráter é de difícil mensuração/avaliação.

O presente trabalho foi realizado com o objetivo de avaliar se há variabilidade genética em coleção de clones de batata-doce da Universidade Federal de Lavras para características de importância na produção de etanol biocombustível e estimar parâmetros genéticos e as correlações genotípicas, fenotípicas e de ambiente entre os caracteres, de modo a orientar as etapas posteriores do programa de melhoramento.

Material e Métodos

O experimento foi conduzido nas instalações da Estação Experimental de Hortaliças da HortiAgro Sementes S.A., Fazenda Palmital, município de Ijaci, MG (21°14'16" de latitude sul e 45°08'00" de longitude oeste, com altitude média de 918 m em relação ao nível do mar). O plantio foi realizado em março de 2010, sob condições de irrigação (em média 2 vezes/semana, com cerca de 1 hora/turno de rega). A área experimental foi submetida a uma aração, depois adubada a lanço com a fórmula NPK 4-14-8, na quantidade de 1.000 kg por hectare. Em seguida, foi submetida a duas gradagens, após as quais o terreno foi sulcado na distância de 1,00 m entre sulcos. Os camalhões foram levantados com 40 cm de altura. O plantio dos materiais foi realizado, inicialmente, em casa de vegetação, em bandejas de poliestireno expandido de 72 células com substrato comercial (aproximadamente 120 ml de substrato por célula), utilizando ramos com, aproximadamente, 20 cm de comprimento e de 3 a 4 gemas internodais. Um mês depois, essas mudas foram levadas ao campo experimental e transplantadas, a cada 30 cm de distância, nos camalhões.

Foram utilizados 102 genótipos de batata-doce, dentre eles, 4 cultivares comerciais (Brazlândia Rosada, Brazlândia Roxa, Brazlândia Branca e Palmas), 94 clones de batata-doce denominados 2007HSF-xxx-yy (em que xxx = número da família de meios-irmãos e yy = número do clone selecionado dentro da família, proveniente dos programas de melhoramento da Universidade Federal do Tocantins, Palmas, TO e Embrapa Hortaliças, Brasília, DF) e 4 acessos (denominados UFLA-07-12, UFLA-07-43, UFLA-07-49 e Itajubá), anteriormente selecionados (Gonçalves Neto, 2011) em etapas anteriores do programa de melhoramento da Universidade Federal de Lavras, por apresentarem aptidão para a produção de etanol (Tabela 1).

Empregou-se o delineamento de blocos aumentados (Federer, 1956), com 102 genótipos (96 genótipos como tratamentos regulares e seis como tratamentos comuns), distribuídos em seis blocos. Como tratamentos comuns foram utilizadas as quatro cultivares comerciais (Brazlândia Branca, Brazlândia Rosada, Brazlândia Roxa e Palmas), além dos acessos UFLA-07-43 e UFLA-07-49. Os demais 96 foram utilizados como tratamentos regulares (Federer, 1956). A parcela foi constituída por uma linha de 10 plantas espaçadas 0,30 m e entre linhas 1,00 m, totalizando uma população final ideal de 33.333 plantas por hectare. O experimento foi colhido seis meses após o plantio. Foram avaliadas as seguintes características de interesse: produtividade de raízes ($t \cdot ha^{-1}$), percentagem (%) de amido nas raízes frescas, rendimento em etanol por tonelada de raízes ($L \ t^{-1}$), rendimento potencial de etanol ($L \ ha^{-1}$) e densidade de raízes (ou peso específico).

A produtividade de raízes foi obtida em função da massa total de raízes colhidas por parcela (kg de raízes totais por parcela, em seguida transformados para $t\ ha^{-1}$).

Com relação à percentagem de amido nas raízes frescas, foram realizados os seguintes procedimentos: **A) preparo das batatas para análise** - depois de colhidas, na Estação Experimental de Hortaliças da HortiAgro Sementes S.A., as batatas foram enviadas para o laboratório de enzimologia da Universidade Federal de Sergipe, onde foram lavadas, tiveram suas cascas retiradas e, em seguida, foram raladas e maceradas. De cada material foram retirados 50 g, que foram colocados em sacos devidamente identificados e armazenados em freezer de uso doméstico ($-18\ ^\circ C$); **B) preparo das amostras e digestão (hidrólise enzimática)** – Foram pesados 5 g de cada material (amostra de batata-doce ralada e macerada) com auxílio de uma balança de precisão, acrescentando-se, a seguir, 50 ml de água destilada (H_2O), tendo a amostra e a água destilada sido colocadas em erlenmeyer de 125 ml. Adicionaram-se 15 μl da enzima Termamyl (α -amilase) com auxílio de uma pipeta. Logo depois, essa amostra contendo a enzima foi aquecida em uma chapa aquecedora/agitadora por onde permaneceu durante 90 minutos à temperatura de $95\ ^\circ C$ sob agitação constante (temperatura ideal para atuação da enzima). Após esse tempo, a amostra contendo a primeira enzima foi retirada e resfriada. Depois do resfriamento, foi ajustado o pH com HCl (2N) para 4,5 (pH ideal para atuação da segunda enzima envolvida na digestão enzimática). No passo seguinte, foram adicionados 10 μl da enzima AMG 300 (glucoamilase) e aquecido, a $60\ ^\circ C$, por 30 minutos, sob agitação constante. Finalizando o preparo das amostras e digestão, todas elas foram colocadas em potes plásticos devidamente identificados e armazenados no congelador para a etapa seguinte; **C) determinação de açúcares redutores por meio do espectrofotômetro (comprimento de onda de 510 nm)** - numa primeira etapa, foram preparados os

reagentes (reativo arsenomolibdico e reativo cúprico = reativo A + reativo B) utilizados para a determinação de açúcares redutores (Nelson, 1944). Com relação às leituras no espectrofotômetro, foi feita, diariamente, uma curva padrão de glicose em triplicata (3 repetições). As leituras das amostras também foram em triplicata, realizando-se uma primeira diluição, em que foram utilizados 100 µl da amostra mais 900 µl de água destilada. Uma segunda diluição foi realizada retirando-se 20 µl da amostra anteriormente diluída e acrescentando 980 µl de água destilada. Essas diluições foram necessárias para que o espectrofotômetro lesse as absorvâncias das amostras que estavam muito concentradas. Os passos das leituras das amostras foram os seguintes: os 1.000 µl resultantes da última diluição (20 µl da amostra + 980 µl de água destilada) comentada anteriormente foram colocados em tubos de ensaio, juntamente com 1,0 ml de água destilada mais 1,0 ml do reativo cúprico. Esses tubos foram colocados em banho-maria fervente por 20 minutos; em seguida, foram esfriados em água gelada e acrescentou-se 1,0 ml do reativo arsenomolibdico, completando-se o volume final dos tubos para 10 ml, utilizando-se 6,0 ml de água destilada e efetuaram-se as leituras do teor de glicose nas amostras em espectrofotômetro, a 510 nm (NELSON, 1944); **D) verificação da especificidade das enzimas utilizadas para a determinação do teor de amido** - foram retiradas cinco amostras ao acaso dos materiais e realizadas todas as etapas anteriormente descritas, sem utilizar nenhuma das enzimas. Quando se realizou a leitura da absorvância pelo espectrofotômetro, todas as cinco amostras apresentaram valores próximos de zero e/ou negativos, ou seja, essas absorvâncias, quando levadas à curva padrão de glicose (concentração de glicose em função da absorvância), não detectavam nenhuma concentração de glicose, mostrando, assim, a eficiente atuação das enzimas em liberar moléculas de glicose que foram utilizadas na determinação do teor de amido e **E) quantificação do teor de amido** – após a determinação do teor de glicose

corrigido em função de todas as diluições (5.000 vezes), foi determinado o teor de amido.

O teor de amido foi calculado como o teor de glicose quantificado multiplicado por 0,9 (fator de correção relativo à subtração do peso de uma molécula de água - 18 g/mol - para cada molécula de glicose - 180 g/mol). Esse fator considera a remoção de uma molécula de água durante as ligações covalentes das moléculas de glicose para formar o amido. O resultado dessa correção forneceu o teor, em miligrama (mg) de amido por 1 g de batata (matéria fresca). Em seguida, esses dados foram submetidos à transformação para % amido na raiz fresca, em que o mg de amido de cada amostra foi dividido por 1.000 (= teor de amido em gramas-“g”) e, finalizando, multiplicados por 100, obtendo-se, dessa forma, o teor de amido em gramas por 100 g da amostra, ou seja, % amido nas raízes frescas.

Para a determinação do rendimento em etanol por tonelada de raízes ($L t^{-1}$), a percentagem de amido nas raízes frescas foi convertida em rendimento de litros de álcool por tonelada de raízes (por meio da multiplicação pelo fator de conversão de 6,6) (Silveira, 2008a). Para a determinação do rendimento potencial de etanol ($L ha^{-1}$), esses valores obtidos foram multiplicados pela produtividade de raízes frescas ($t ha^{-1}$), obtendo-se um rendimento potencial de etanol em litros de álcool por hectare ($L ha^{-1}$).

A densidade das raízes ou peso específico foi determinada pelo método descrito pelo Centro Internacional de La Papa - Cip (2001): as raízes tuberosas de cada clone foram lavadas para retirar o excesso de terra, secas com papel toalha; em seguida, procedeu-se à pesagem de cerca 2 kg de raízes no ar. Posteriormente, foi feita a pesagem na água, em balança hidrostática, determinando-se, assim, o peso específico com base na seguinte fórmula: $\text{Peso específico} = \text{Peso no ar} / (\text{peso no ar} - \text{peso na água})$.

Os dados foram submetidos à análise de variância, para cada característica separadamente. As análises estatísticas foram realizadas utilizando-se o pacote computacional SAS (SAS Institute, 2001).

A aptidão para a produção de etanol foi dada, principalmente, pelo rendimento em etanol potencial ($L\ ha^{-1}$), tendo sido considerados como aptos os genótipos que atingiram rendimento igual ou superior a 4933,2 litros de etanol por hectare (média “ μ ” mais um desvio padrão “ σ ”) (Tabela 2). Este ponto de truncagem está um pouco abaixo do rendimento médio da cana-de-açúcar, que é de 6.000 litros por hectare (Johnston et al., 2009), entretanto, está bem acima do rendimento médio do milho nos USA, que é em torno de 3.311 litros de etanol por hectare (Johnston et al., 2009). Para as demais características, optou-se também por adotar o ponto de truncagem equivalente à média (μ) mais um desvio padrão (σ). Assim, para produtividade de raízes ($t\ ha^{-1}$), percentagem de amido nas raízes frescas, rendimento em etanol por tonelada de raízes ($L\ t^{-1}$) e densidade de raízes (ou peso específico), os pontos de truncagem foram de 39,55 $t\ ha^{-1}$, 23,46%, 154,89 $L\ t^{-1}$ e 1,0837, respectivamente (Tabela 2).

A partir das esperanças dos quadrados médios das análises de variância, foram estimadas as variâncias genéticas (σ_g^2) e ambientais (σ_e^2), a herdabilidade no sentido amplo e os coeficientes de correlação fenotípica (r_F), genotípica (r_G) e de ambiente (r_A). A herdabilidade no sentido amplo (h_a^2) para cada característica foi obtida de acordo com o procedimento de Vencovsky e Barriga (1992), por meio da seguinte expressão:

$$h_a^2 = (\sigma_g^2 / (\sigma_g^2 + \sigma_e^2)) \times 100.$$

Os coeficientes de variação genética (CV_g) e ambiental (CV_e), bem como o índice b ($= CV_g/CV_e$), para as características avaliadas, foram estimados a partir das seguintes expressões:

$$CV_g (\%) = (((\sigma_g^2)^{0,5}) / \mu) \times 100, \text{ e } CV_e = (((\sigma_e^2)^{0,5}) / \mu) \times 100.$$

Para os coeficientes de correlações fenotípicas e ambientais foi feita a verificação da hipótese de nulidade ($H_0: \rho=0$) pela estatística t , a partir da seguinte expressão, sugerida por Cruz e Regazzi, 2002:

$$t = \frac{r}{\sqrt{(1-r^2)}} \sqrt{(n-2)}$$

em que

t : está associada a $n-2$ graus de liberdade e nível de significância α ;

r : correlação;

n : número de pares de observações que deram origem à correlação estimada.

Resultados e Discussão

Houve diferenças altamente significativas para todas as características analisadas, indicando, assim, haver grande variabilidade genética entre os genótipos de batata-doce da coleção (Tabela 2). O maior coeficiente de variação ambiental (CV_e), 38,53% foi obtido para rendimento potencial de etanol ($L\ ha^{-1}$), enquanto o menor ($CV_e = 0,67\%$) foi observado para densidade de raízes (Tabela 2). Os valores encontrados são semelhantes aos citados por Gonçalves Neto (2011) que, avaliando clones de batata-doce, obteve CV_e de 22,19% e 0,78%, para produtividade total de raízes frescas e densidade de raízes, respectivamente. Estimativas para o coeficiente de variação genética (CV_g), para todas as características avaliadas, foram bem mais elevadas que para o CV_e , resultando em valores da razão $b = CV_g/CV_e$, superiores a 1,0 (Tabela 2), reforçando o indicativo de alta variabilidade genética entre os genótipos. Além disso, as estimativas de herdabilidade no sentido amplo foram altas para todas as características (superiores a 64%) (Tabela 2), indicando, mais uma vez, alta variabilidade genética e também uma situação favorável para a seleção de clones (Vencovsky e Barriga, 1992).

A produtividade de raízes variou de 5,40 a 80,74 $t\ ha^{-1}$, valores correspondentes aos clones 2007HSF022-12 e 2007HSF026-01, respectivamente. Os valores máximos de produtividade obtidos são superiores aos encontrados por outros autores (Azevedo et al., 2000; Cardoso et al., 2005; Oliveira et al., 2006; Silveira, 2008a), em que a produtividade máxima atingida foi de 65,5 $t\ ha^{-1}$, com colheita aos 6 meses. De acordo com o ponto de truncagem escolhido (39,55 $t\ ha^{-1}$) - equivalente a mais de três vezes a produtividade média brasileira de 11,2 $t\ ha^{-1}$ (MAPA, 2005) - foram selecionados, como superiores para essa característica específica, 23 genótipos (Tabela 3).

Para % amido nas raízes frescas, a variação foi de 2,05% (2007HSF028-11) até 40,56 (2007HSF011-10). A variação encontrada foi bem superior ao relatado por Leonel et al. (2004) que, avaliando cultivares de batata-doce como possíveis matérias-primas para a produção de amido comercial, obtiveram percentagens que variaram de 9% a 15,8%. Observa-se (Tabela 4) que 18 genótipos apresentaram-se com valores iguais ou superiores ao ponto de truncagem (23,46 %) e prestaram-se à seleção com base na % amido nas raízes frescas.

Para o rendimento em etanol por tonelada de raízes ($L t^{-1}$), foi verificada grande amplitude entre os genótipos 2007HSF028-11 ($13,53 L t^{-1}$) e 2007HSF011-10 ($267,70 L t^{-1}$) (Tabela 5). Apenas 18 genótipos foram considerados aptos a serem selecionados por apresentarem desempenho superior a $154,89 L t^{-1}$ (ponto de truncagem estabelecido para esta característica). Estes genótipos apresentaram rendimentos em geral semelhantes ou bem maiores do que o rendimento médio obtido por Araújo et al. (1979), de 158 litros de etanol por tonelada de raízes.

No rendimento potencial de etanol por hectare ($L ha^{-1}$), observou-se que 22 genótipos, ou seja, aproximadamente 19% dos genótipos submetidos à avaliação da aptidão para a produção de etanol ficaram acima do limite estabelecido para seleção ($4933,24 L ha^{-1}$). As médias variaram de $28,06 L ha^{-1}$ (2007HSF029-09) a $17084,52 (2007HSF004-08)$ (Tabela 6). Os genótipos 2007HSF004-08 ($17084,52 L ha^{-1}$), 2007HSF002-04 ($9694,88 L ha^{-1}$), 2007HSF010-12 ($9048,90 L ha^{-1}$), 2007HSF010-31 ($8390,60 L ha^{-1}$), 2007HSF026-02 ($8314,93 L ha^{-1}$), 2007HSF027-05 ($8156,68 L ha^{-1}$), 2007HSF020-05 ($8124,83 L ha^{-1}$), 2007HSF020-07 ($8030,87 L ha^{-1}$), 2007HSF030-10 ($7469,32 L ha^{-1}$), 2007HSF022-03 ($7194,94 L ha^{-1}$), Brazlândia Roxa ($6742,28 L ha^{-1}$) e 2007HSF010-06 ($6128,22 L ha^{-1}$) estão entre os selecionados que se revelaram potencialmente competitivos com a própria cana-

de-açúcar, pois apresentaram rendimentos em litros de etanol por hectare superiores aos observados por Johnston et al., (2009) para esta última cultura (6.000 L ha^{-1}) (Tabela 6).

Considerando o ponto truncagem ($4933,24 \text{ L ha}^{-1}$), além desses, foram selecionados ainda os genótipos UFLA-07-12 ($5993,35 \text{ L ha}^{-1}$), UFLA-07-43 ($5959,88 \text{ L ha}^{-1}$), 2007HSF001-01 ($5810,86 \text{ L ha}^{-1}$), 2007HSF011-10 ($5792,94 \text{ L ha}^{-1}$), 2007HSF001-16 ($5536,36 \text{ L ha}^{-1}$), 2007HSF028-05 ($5374,17 \text{ L ha}^{-1}$), 2007HSF010-47 ($5169,11 \text{ L ha}^{-1}$), UFLA-07-49 ($5167,56 \text{ L ha}^{-1}$), 2007HSF027-08 ($5039,25 \text{ L ha}^{-1}$) e 2007HSF011-02 ($4968,14 \text{ L ha}^{-1}$) (Tabela 6).

Com relação à densidade de raízes, 56 genótipos foram considerados como aptos para a seleção. A variação ficou entre 1,0311 e 1,1305, obtida pelos genótipos Brazlândia Rosada e 2007HSF010-23, respectivamente (Tabela 7). Os valores máximos encontrados neste trabalho estão acima dos encontrados por Cardoso et al. (2007) e Gonçalves Neto (2011) que, testando clones de batata-doce, encontraram densidade de raízes com valores máximos de 1,08 e 1,0993, respectivamente.

Dentre os genótipos selecionados pelo rendimento em etanol potencial (L ha^{-1}) (principal característica utilizada para atribuir aptidão para a produção de etanol), encontram-se as testemunhas Brazlândia Roxa, UFLA-07-43 e UFLA-07-49, além do acesso UFLA-07-12. Os materiais denominados UFLA-07-xx são genótipos já testados em fases avançadas do programa de melhoramento da UFLA e têm outras características de interesse comercial (Gonçalves Neto, 2011).

Os genótipos 2007HSF004-03, 2007HSF023-08, 2007HSF022-03, 2007HSF011-02, 2007HSF031-04 e 2007HSF004-06 não constam entre os selecionados por desempenho no rendimento potencial de etanol (L ha^{-1}). Porém, por apresentarem elevados teores de amido (Tabela 4), estes também serão selecionados como potenciais genótipos com aptidão para produção de etanol,

uma vez que, apesar de ser desejável que os materiais reúnam de imediato um bom desempenho em todas as características envolvidas na seleção, o fato de alguns genótipos se destacarem quanto aos teores de amido permite que possam ser aproveitados em etapas posteriores de um programa de melhoramento que envolva procedimentos de seleção recorrente. É importante ainda observar que estes mesmos genótipos estão entre os selecionados, levando em consideração o desempenho destacável para o rendimento em etanol por tonelada de raízes ($L t^{-1}$) (Tabela 5), característica altamente correlacionada ao teor de amido.

Os clones 2007HSF026-01 ($80,74 t ha^{-1}$), 2007HSF010-25 ($55,26 t ha^{-1}$), 2007HSF010-08 ($50,15 t ha^{-1}$), 2007HSF022-05 ($49,53 t ha^{-1}$), 2007HSF002-19 ($49,50 t ha^{-1}$), 2007HSF001-47 ($45,86 t ha^{-1}$), 2007HSF020-08 ($44,25 t ha^{-1}$), 2007HSF010-41 ($44,25 t ha^{-1}$) e 2007HSF010-35 ($44,16 t ha^{-1}$) apresentaram elevadas produtividades de raízes. Assim, mesmo não estando entre os genótipos selecionados pelo rendimento potencial de etanol ($L ha^{-1}$), poderiam ser utilizados via policruzamentos em programas de seleção recorrente que visem à seleção de clones de batata-doce com potencial para a produção de etanol. Pode-se dizer que, num total de 37 genótipos, aproximadamente 32% dos genótipos submetidos à avaliação são promissores como potenciais genótipos com aptidão para a produção de etanol (Tabelas 3, 4, 5, 6 e 7), sendo estes selecionados para dar continuidade ao programa de melhoramento de batata-doce da Universidade Federal de Lavras.

Com relação às correlações (Tabela 8), em todos os pares de caracteres estudados houve grande similaridade entre os coeficientes de correlação genotípica e fenotípica. Estes, além de serem de mesmo sinal, foram semelhantes na magnitude, sendo, no entanto, as correlações genotípicas ligeiramente superiores às fenotípicas (Tabela 8). Pode-se, portanto, inferir que há uma tendência de maior contribuição dos fatores genéticos que dos de ambiente nas estimativas das correlações entre os caracteres estudados.

Observaram-se valores positivos e altos para as correlações genotípicas entre produtividade de raízes ($t\ ha^{-1}$) e rendimento potencial de etanol ($L\ ha^{-1}$), % amido nas raízes frescas e rendimento em etanol ($L\ t^{-1}$), % amido nas raízes frescas e rendimento potencial de etanol ($L\ ha^{-1}$), % amido nas raízes frescas e densidade de raízes, rendimento potencial de etanol ($L\ ha^{-1}$) e rendimento em etanol ($L\ t^{-1}$) e densidade de raízes e rendimento em etanol ($L\ t^{-1}$) (Tabela 8). Pode-se inferir, com estas altas estimativas, que os genes que controlam um caráter podem ser os mesmos que controlam o outro (pleiotropia) ou estão ligados nos mesmos cromossomos. Com relação à correlação entre rendimento potencial de etanol ($L\ ha^{-1}$) e densidade de raízes, observou-se uma estimativa de correlação genética abaixo de 0,5 (Tabela 8), demonstrando que a densidade de raízes não é um bom indicador do rendimento potencial em etanol.

Não se verificou, igualmente, correlação fenotípica significativa entre produtividade de raízes ($t\ ha^{-1}$) e % amido nas raízes frescas, produtividade de raízes ($t\ ha^{-1}$) e rendimento em etanol por tonelada ($L\ t^{-1}$), produtividade de raízes ($t\ ha^{-1}$) e densidade de raízes, bem como para rendimento potencial de etanol ($L\ ha^{-1}$) e densidades de raízes.

A falta de correlação genotípica entre densidade de raízes e rendimento potencial de etanol ($L\ ha^{-1}$) possibilitou a decisão de não considerar como aptos para a produção de etanol, neste trabalho, aqueles genótipos que obtiveram bom desempenho para densidade de raízes, mas que não estão entre os que apresentaram desempenho satisfatório para rendimento potencial de etanol ($L\ ha^{-1}$), pois, conforme comentado anteriormente, o rendimento potencial de etanol ($L\ ha^{-1}$) foi considerado como característica principal para a seleção de genótipos com aptidão para a produção do biocombustível (Tabela 8). Gonçalves Neto (2011) também não verificou correlação entre densidade de raízes e outras características de importância para seleção de genótipos destinados à produção de etanol, o que pode vir a ser um indício de que, para a batata-doce, a densidade

de raízes não é uma característica que possa ser levada em consideração quando se pretende selecionar genótipos com aptidão para produção de etanol.

Ao empregar a correlação como auxílio a um programa de seleção, deve-se considerar que a associação diretamente observada entre caracteres representa a correlação entre valores fenotípicos. Essa correlação poderia conduzir a erros, uma vez que, em sua constituição, intervém uma fração genética e outra de ambiente (Falconer, 1981). Contudo, as estimativas obtidas para as correlações fenotípicas foram semelhantes em magnitude às genotípicas, indicando que as correlações fenotípicas no caso presente não conduziriam a erros.

Nas estimativas de correlações ambientais entre as características, a grande maioria foi não significativa, além de apresentarem baixas estimativas. Já as estimativas de correlação ambiental entre produtividade de raízes ($t\ ha^{-1}$) e rendimento potencial de etanol ($L\ ha^{-1}$) e % amido na raiz fresca e rendimento potencial de etanol ($L\ ha^{-1}$) foram altas e significativas (Tabela 8). Isso mostra que esses pares de caracteres são afetados pelas mesmas condições de ambiente, porém, de maneira semelhante.

Conclusões

- 1) Há grande variabilidade genética entre genótipos de batata-doce para todas as características estudadas.
- 2) Os coeficientes de variação genética (CV_g), herdabilidades no sentido amplo (h_a^2) e a razão $b = CV_g/CV_e$ indicam uma situação favorável para a seleção de genótipos em todas características analisadas.
- 3) Trinta e sete genótipos foram selecionados para serem submetidos nas etapas posteriores do programa de melhoramento como promissores para a produção de etanol.

Agradecimentos

À Fundação de Amparo à Pesquisa do Estado de Minas Gerais (FAPEMIG), ao Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (CNPq), à Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (CAPES), à Universidade Federal de Lavras (UFLA), à Universidade Federal de Sergipe (UFS), à FAEPE/UFLA, à FUNDECC/UFLA e à empresa HortiAgro Sementes S.A.

Referências

APTA. Agência Paulista de Tecnologia dos Agronegócios. Disponível em www.apta.sp.gov.br/cana/coletanea/batata-doce_teresa_losada.doc, consultado em 22/03/2011.

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

ARAÚJO, N.Q.; CASTRO, H.F.; VISCONTI, A.E.S. **Batata-doce**: Parâmetros preliminares na tecnologia de produção de etanol. Informativo do INT, Rio de Janeiro, p.17-28, 1979.

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

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

CENTRO INTERNACIONAL DE LA PAPA. **CIP sweetpotato facts**. Lima, 2001. Disponível em:

<<http://www.cipotato.org/market/Sweetpfacts/swtspfct.htm>>. Acesso em: 21 abr. 2010.

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

FALCONER, D. 1981. **Introdução a genética quantitativa**. Viçosa: UFV.

FEDERER, W. T. Augmented (hoonuiaku) designs. **Hawaiian Planters' Record**, Aiea, v.55, p.191-208, 1956.

GONÇALVES NETO, A. C. **Aptidões para consumo humano produção de etanol e alimentação animal em clones de batata-doce**. 76p. Tese (Doutorado em Fitotecnia) - Universidade Federal de Lavras, Lavras.

JOHNSTON, M.; FOLEY, J. A.; HOLLOWAY, T.; KUCHARIK, C.; MONFREDA, C. Resetting global expectations from agricultural biofuels. **Environmental Research Letters**, 4, 014004, 2009.

LEITE, R. C. de C. **Biomassa, a esperança verde para poucos**. Disponível em [www.http://agenciact.mct.gov.br](http://www.agenciact.mct.gov.br) Acesso em 20 de out. 2006.

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

MAPA. Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. **Culturas - Brasil: produtividade média de lavouras temporárias e permanentes**. 2005. Disponível em: <http://www.agricultura.gov.br/> >. Acesso em: 25 de Abril de 2011.

MOMENTÉ, V. V. et al. Desenvolvimento de cultivares de batata-doce no estado do Tocantins, visando à produção de álcool, como fonte alternativa de energia para as condições tropicais. **Horticultura Brasileira**, Brasília, v. 22, n. 2, p. 340-342, jul. 2004a. Suplemento.

NELSON, N. A.; A photometric adaptation of somogyi method determination of glicose. **Journal Biological Chemistry**, Baltimore, v.135, p. 375, 1944.

OLIVEIRA, A. P.; MOURA, M. F.; NOGUEIRA, D. H.; CHAGAS, N.G; BRAZ MSS; OLIVEIRA MRT; BARBOSA, JA. 2006. Produção de raízes de batata-doce em função do uso de doses de N aplicadas no solo e via foliar. **Horticultura Brasileira**, 24: 279-282.

SAS INSTITUTE. 2001. **SAS/STAT software**: changes and enhancements. Release 8. Cary.

SILVEIRA, M.A. Batata-doce: uma nova alternativa para a produção de etanol. In: INSTITUTO EUVALDO LODI. **Álcool combustível**. Brasília, v.1, p.109-122, 2008a.

SILVEIRA, M.A. **Batata-Doce**: A Bionergia da Agricultura Familiar. 2008b 19p.

SOUZA, F.R.; SLIVEIRA, M.A.; TAVARES, I.B.; SOUZA, A.F.B.C. Quantificação de diferentes concentrações enzimáticas de alfa-amilase e amiloglucosidae em fermentação de meio hidrolisado para produção de álcool a partir da cultura de batata-doce. **Anais I Congresso Científico Universidade Federal do Tocantins**, Palmas, 2005.

VENCOVSKY, R.; BARRIGA, P. **Genética biométrica no fitomelhoramento**. Ribeirão Preto: Sociedade Brasileira de Genética, 1992. 486p.

Tabela 1 Genótipos de batata-doce utilizados no experimento. UFPA, Lavras, MG, 2010

Genótipos	Genótipos	Genótipos	Genótipos
2007HSF001-01	2007HSF002-19	2007HSF007-27	2007HSF011-06
2007HSF001-09	2007HSF004-03	2007HSF009-06	2007HSF011-10
2007HSF001-16	2007HSF004-06	2007HSF010-01	2007HSF012-02
2007HSF001-17	2007HSF004-08	2007HSF010-06	2007HSF014-04
2007HSF001-21	2007HSF005-01	2007HSF010-08	2007HSF014-05
2007HSF001-22	2007HSF005-06	2007HSF010-12	2007HSF016-05
2007HSF001-24	2007HSF006-13	2007HSF010-23	2007HSF018-03
2007HSF001-26	2007HSF006-16	2007HSF010-25	2007HSF019-01
2007HSF001-28	2007HSF006-17	2007HSF010-31	2007HSF020-05
2007HSF001-37	2007HSF007-04	2007HSF010-33	2007HSF020-07
2007HSF001-40	2007HSF007-10	2007HSF010-35	2007HSF020-08
2007HSF001-47	2007HSF007-16	2007HSF010-41	2007HSF020-12
2007HSF002-02	2007HSF007-17	2007HSF010-47	2007HSF021-01
2007HSF002-04	2007HSF007-21	2007HSF011-01	2007HSF022-02
2007HSF002-11	2007HSF007-26	2007HSF011-02	2007HSF022-03

Tabela 1, conclusão

Genótipos	Genótipos	Genótipos	Genótipos
2007HSF022-04	2007HSF024-04	2007HSF027-12	2007HSF030-02
2007HSF022-05	2007HSF025-04	2007HSF027-16	2007HSF030-10
2007HSF022-06	2007HSF026-01	2007HSF028-05	2007HSF031-02
2007HSF022-09	2007HSF026-02	2007HSF028-06	2007HSF031-04
2007HSF022-10	2007HSF026-05	2007HSF028-08	ITAJUBÁ
2007HSF022-12	2007HSF027-05	2007HSF028-11	UFLA-07-12
2007HSF022-16	2007HSF027-07	2007HSF029-01	UFLA-07-43
2007HSF022-19	2007HSF027-08	2007HSF029-02	UFLA-07-49
2007HSF023-08	2007HSF027-09	2007HSF029-03	
2007HSF024-02	2007HSF027-10	2007HSF029-09	

Tabela 2 Resumo da análise de variância para produtividade de raiz ($t\ ha^{-1}$), % amido nas raízes fresca, rendimento em etanol por tonelada de raízes ($L.t^{-1}$), rendimento potencial de etanol ($L\ ha^{-1}$) e densidade de raízes de clones de batata-doce. Estimativa da média, coeficiente de variação ambiental (CV_e), coeficiente de variação genético (CV_g), razão $b = CV_g/CV_e$ e herdabilidade no sentido amplo h_a^2 . UFLA, Lavras, MG, 2010

Fontes de variação	GL	Produtividade de raízes ($t\ ha^{-1}$)	% amido nas raízes frescas	Rendimento em etanol ($L\ t^{-1}$)	Rendimento potencial de etanol ($L\ ha^{-1}$)	Densidade de raízes
		QM	QM	QM	QM	QM
Tratamento	101	286,8020**	94,9755**	4137,0170**	7857160,4**	0,000660**
Clones (C)	95	259,4474**	63,7465**	2776,5764**	6967385,0**	0,000302**
Testemunha (T)	5	789,5083**	555,9468**	24217,0000**	18540114,0**	0,000707**
T vc C	1	371,9575*	756,8841**	32976,8109**	38971047,9**	0,034472**
Erro	25	85,9992	30,9494	1348,7367	1882459,7	0,0000513
Média (μ)		30,28	17,90	118,16	3561,21	1,0765
Desvio Padrão (σ)		9,27	5,56	36,73	1372,03	0,0072
CV_e (%)		30,63	31,07	31,08	38,53	0,67
CV_g (%)		46,70	42,33	42,31	66,83	1,52
$b = CV_g/CV_e$		1,52	1,36	1,36	1,73	2,27
h_a^2 (%)		69,93	64,97	64,95	75,05	84,08

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

Tabela 3 Média ajustada da produtividade de raízes (t ha⁻¹) de 94 clones de batata-doce, oriundos de famílias de meios-irmãos, além de seis testemunhas e dois acessos, selecionados em etapas anteriores do programa de melhoramento de batata-doce da UFLA. UFLA, Lavras, MG, 2010

Genótipo	Produtividade de raízes (t ha ⁻¹)	Genótipo	Produtividade de raízes (t ha ⁻¹)	Genótipo	Produtividade de raízes (t ha ⁻¹)
2007HSF001-01 ^{2/}	34,20	2007HSF005-06	14,01	2007HSF010-35	44,16
2007HSF001-09	35,17	2007HSF006-13	16,97	2007HSF010-41	44,25
2007HSF001-16	31,82	2007HSF006-16	25,10	2007HSF010-47	51,83
2007HSF001-17	11,68	2007HSF006-17	32,91	2007HSF011-01	17,35
2007HSF001-21	12,34	2007HSF007-04	19,50	2007HSF011-02	30,83
2007HSF001-22	18,63	2007HSF007-10	14,02	2007HSF011-06	29,83
2007HSF001-24	33,43	2007HSF007-16	29,48	2007HSF011-10	21,64
2007HSF001-26	37,11	2007HSF007-17	40,54	2007HSF012-02	16,64
2007HSF001-28	14,01	2007HSF007-21	21,41	2007HSF014-04	8,83
2007HSF001-37	27,00	2007HSF007-26	26,29	2007HSF014-05	33,26
2007HSF001-40	23,81	2007HSF007-27	16,43	2007HSF016-05	9,33
2007HSF001-47	45,86	2007HSF009-06	15,75	2007HSF018-03	10,26
2007HSF002-02	30,22	2007HSF010-01	23,10	2007HSF019-01	36,76
2007HSF002-04	46,87	2007HSF010-06	51,15	2007HSF020-05	35,31
2007HSF002-11	46,66	2007HSF010-08	50,15	2007HSF020-07	70,54
2007HSF002-19	49,50	2007HSF010-12	61,14	2007HSF020-08	44,25
2007HSF004-03	14,26	2007HSF010-23	35,54	2007HSF020-12	15,15
2007HSF004-06	17,70	2007HSF010-25	55,26	2007HSF021-01	11,74
2007HSF004-08	76,85	2007HSF010-31	45,43	2007HSF022-02	25,34
2007HSF005-01	12,47	2007HSF010-33	36,80	2007HSF022-03	39,76

Tabela 3, conclusão

Genótipo	Produtividade de raízes (t ha ⁻¹)	Genótipo	Produtividade de raízes (t ha ⁻¹)	Genótipo	Produtividade de raízes (t ha ⁻¹)
2007HSF022-04	16,04	2007HSF026-05	21,58	2007HSF029-03	23,65
2007HSF022-05	49,53	2007HSF027-05	65,91	2007HSF029-09	9,36
2007HSF022-06	7,67	2007HSF027-07	28,38	2007HSF030-02	18,64
2007HSF022-09	34,82	2007HSF027-08	35,77	2007HSF030-10	60,80
2007HSF022-10	22,51	2007HSF027-09	10,87	2007HSF031-02	18,12
2007HSF022-12	5,40	2007HSF027-10	17,47	2007HSF031-04	22,46
2007HSF022-16	22,40	2007HSF027-12	19,15	Brazlandia	38,84
2007HSF022-19	22,30	2007HSF027-16	14,80	Brazlandia	28,53
2007HSF023-08	24,07	2007HSF028-05	32,29	Brazlandia Roxa ^{1/}	29,33
2007HSF024-02	27,54	2007HSF028-06	17,25	ITAJUBÁ	10,60
2007HSF024-04	26,28	2007HSF028-08	15,11	Palmas ^{1/}	18,38
2007HSF025-04	38,57	2007HSF028-11	8,19	UFLA-07-12	43,29
2007HSF026-01	80,74	2007HSF029-01	15,74	UFLA-07-43 ^{1/}	29,82
2007HSF026-02	37,88	2007HSF029-02	20,93	UFLA-07-49^{1/}	52,15

^{1/} Testemunhas – média referente a 6 repetições

^{2/} Genótipos em “negrito” são os selecionados para esta característica

DMS (diferença mínima significativa) entre tratamentos regulares do mesmo bloco: 77,01; DMS entre tratamentos regulares de blocos diferentes: 83,18; DMS entre tratamentos comuns: 31,44; DMS entre tratamentos comuns e regulares: 50,54 segundo teste de Tukey, a 5% de probabilidade

Tabela 4 Média ajustada da % amido na raiz fresca de 94 clones de batata-doce oriundos de famílias de meios-irmãos, além de seis testemunhas e dois acessos, selecionados em etapas anteriores do programa de melhoramento de batata-doce da UFLA, UFLA, Lavras, MG, 2010

Genótipo	% amido nas raízes frescas		Genótipo	% amido nas raízes frescas		Genótipo	% amido nas raízes frescas	
2007HSF001-01^{2/}	25,70	(71,83)^{3/}	2007HSF005-06	6,15	(67,86)	2007HSF010-35	9,50	(68,35)
2007HSF001-09	4,88	(65,19)	2007HSF006-13	7,09	(72,22)	2007HSF010-41	10,93	(66,88)
2007HSF001-16	26,60	(60,48)	2007HSF006-16	14,38	(60,88)	2007HSF010-47	15,81	(66,18)
2007HSF001-17	28,51	(62,45)	2007HSF006-17	17,22	(66,94)	2007HSF011-01	10,65	(67,36)
2007HSF001-21	8,33	(63,53)	2007HSF007-04	8,80	(60,96)	2007HSF011-02	25,27	(68,42)
2007HSF001-22	11,86	(59,10)	2007HSF007-10	9,06	(65,00)	2007HSF011-06	20,52	(59,55)
2007HSF001-24	10,20	(66,60)	2007HSF007-16	8,19	(69,92)	2007HSF011-10	40,56	(56,68)
2007HSF001-26	14,96	(64,35)	2007HSF007-17	16,70	(63,36)	2007HSF012-02	9,36	(66,04)
2007HSF001-28	20,79	(68,17)	2007HSF007-21	18,55	(72,07)	2007HSF014-04	25,90	(58,25)
2007HSF001-37	18,06	(69,75)	2007HSF007-26	12,03	(71,00)	2007HSF014-05	19,36	(65,32)
2007HSF001-40	16,37	(60,96)	2007HSF007-27	11,84	(67,50)	2007HSF016-05	10,37	(63,69)
2007HSF001-47	15,01	(63,96)	2007HSF009-06	11,85	(65,00)	2007HSF018-03	19,27	(60,75)
2007HSF002-02	16,44	(67,64)	2007HSF010-01	16,53	(67,14)	2007HSF019-01	11,66	(64,55)
2007HSF002-04	30,57	(66,96)	2007HSF010-06	18,17	(66,67)	2007HSF020-05	34,86	(64,54)
2007HSF002-11	12,74	(71,88)	2007HSF010-08	8,96	(71,88)	2007HSF020-07	20,38	(64,75)
2007HSF002-19	7,54	(67,41)	2007HSF010-12	22,53	(75,56)	2007HSF020-08	7,27	(73,73)
2007HSF004-03	35,44	(62,12)	2007HSF010-23	15,17	(68,12)	2007HSF020-12	10,75	(69,88)
2007HSF004-06	23,52	(73,46)	2007HSF010-25	10,27	(71,19)	2007HSF021-01	22,58	(62,22)
2007HSF004-08	32,66	(65,34)	2007HSF010-31	29,38	(66,39)	2007HSF022-02	21,74	(65,41)
2007HSF005-01	14,92	(66,91)	2007HSF010-33	3,50	(75,45)	2007HSF022-03	28,89	(63,16)

Tabela 4, conclusão

Genótipo	% amido nas raízes frescas		Genótipo	% amido nas raízes frescas		Genótipo	% amido nas raízes frescas	
2007HSF022-04	13,16	(63,20)	2007HSF026-05	13,85	(69,74)	2007HSF029-03	20,90	(64,91)
2007HSF022-05	15,18	(68,96)	2007HSF027-05	17,06	(69,67)	2007HSF029-09	3,49	(68,63)
2007HSF022-06	16,12	(64,91)	2007HSF027-07	7,50	(66,38)	2007HSF030-02	12,34	(76,42)
2007HSF022-09	14,07	(68,61)	2007HSF027-08	19,71	(72,54)	2007HSF030-10	18,62	(69,92)
2007HSF022-10	15,60	(72,03)	2007HSF027-09	12,22	(65,25)	2007HSF031-02	21,83	(70,91)
2007HSF022-12	17,24	(69,04)	2007HSF027-10	10,95	(74,53)	2007HSF031-04	24,15	(70,71)
2007HSF022-16	9,60	(61,41)	2007HSF027-12	10,40	(69,57)	Brazlandia Branca ^{1/}	11,29	(67,62)
2007HSF022-19	20,80	(68,15)	2007HSF027-16	19,71	(67,81)	Brazlandia Rosada ^{1/}	18,44	(64,94)
2007HSF023-08	29,09	(56,67)	2007HSF028-05	23,37	(65,14)	Brazlandia Roxa^{1/}	34,85	(63,43)
2007HSF024-02	17,62	(72,73)	2007HSF028-06	21,95	(69,37)	ITAJUBÁ	9,94	(66,91)
2007HSF024-04	16,75	(68,63)	2007HSF028-08	14,20	(64,80)	Palmas ^{1/}	19,40	(65,84)
2007HSF025-04	14,61	(72,59)	2007HSF028-11	2,05	(67,10)	UFLA-07-12	19,88	(69,44)
2007HSF026-01	3,21	(69,60)	2007HSF029-01	8,86	(66,49)	UFLA-07-43^{1/}	32,70	(66,06)
2007HSF026-02	30,96	(65,40)	2007HSF029-02	8,93	(72,09)	UFLA-07-49 ^{1/}	14,96	(68,11)

^{1/} Testemunhas – média referente a 6 repetições

^{2/} Genótipos em “negrito” são os selecionados para esta característica

^{3/} Valores entre parenteses são referentes aos teores de umidade

DMS (diferença mínima significativa) entre tratamentos regulares do mesmo bloco: 46,20; DMS entre tratamentos regulares de blocos diferentes: 49,90; DMS entre tratamentos comuns: 18,86; DMS entre tratamentos comuns e regulares 30,32, segundo teste de Tukey, a 5% de probabilidade

Tabela 5 Média ajustada do rendimento em etanol por tonelada de raízes (L t⁻¹) de 94 clones de batata-doce, oriundos de famílias de meios-irmãos, além de seis testemunhas e dois acessos, selecionados em etapas anteriores do programa de melhoramento de batata-doce da UFLA. UFLA, Lavras, MG, 2010

Genótipo	Rendimento em etanol (L t ⁻¹)	Genótipo	Rendimento em etanol (L t ⁻¹)	Genótipo	Rendimento em etanol (L t ⁻¹)
2007HSF001-01 ^{2/}	169,61	2007HSF005-06	40,56	2007HSF010-35	62,70
2007HSF001-09	32,16	2007HSF006-13	46,77	2007HSF010-41	72,14
2007HSF001-16	175,53	2007HSF006-16	94,89	2007HSF010-47	104,37
2007HSF001-17	188,11	2007HSF006-17	113,69	2007HSF011-01	70,30
2007HSF001-21	54,96	2007HSF007-04	58,08	2007HSF011-02	166,76
2007HSF001-22	78,24	2007HSF007-10	59,82	2007HSF011-06	135,45
2007HSF001-24	67,29	2007HSF007-16	54,06	2007HSF011-10	267,70
2007HSF001-26	98,70	2007HSF007-17	110,24	2007HSF012-02	61,78
2007HSF001-28	137,15	2007HSF007-21	122,43	2007HSF014-04	170,91
2007HSF001-37	119,19	2007HSF007-26	79,39	2007HSF014-05	127,74
2007HSF001-40	108,05	2007HSF007-27	78,19	2007HSF016-05	68,45
2007HSF001-47	99,03	2007HSF009-06	78,24	2007HSF018-03	127,16
2007HSF002-02	108,48	2007HSF010-01	109,09	2007HSF019-01	76,97
2007HSF002-04	201,72	2007HSF010-06	119,91	2007HSF020-05	230,10
2007HSF002-11	84,05	2007HSF010-08	59,13	2007HSF020-07	134,53
2007HSF002-19	49,77	2007HSF010-12	148,69	2007HSF020-08	47,96
2007HSF004-03	233,89	2007HSF010-23	100,11	2007HSF020-12	70,98
2007HSF004-06	155,20	2007HSF010-25	67,76	2007HSF021-01	149,03
2007HSF004-08	215,53	2007HSF010-31	193,91	2007HSF022-02	143,51
2007HSF005-01	98,50	2007HSF010-33	23,10	2007HSF022-03	190,71

Tabela 5, conclusão

Genótipo	Rendimento em etanol (L t ⁻¹)	Genótipo	Rendimento em etanol (L t ⁻¹)	Genótipo	Rendimento em etanol (L t ⁻¹)
2007HSF022-04	86,87	2007HSF026-05	91,41	2007HSF029-03	137,92
2007HSF022-05	100,22	2007HSF027-05	112,59	2007HSF029-09	23,03
2007HSF022-06	106,44	2007HSF027-07	49,51	2007HSF030-02	81,46
2007HSF022-09	92,86	2007HSF027-08	130,09	2007HSF030-10	122,90
2007HSF022-10	102,99	2007HSF027-09	80,62	2007HSF031-02	144,06
2007HSF022-12	113,81	2007HSF027-10	72,30	2007HSF031-04	159,38
2007HSF022-16	63,39	2007HSF027-12	68,65	Brazlandia	74,52
2007HSF022-19	137,29	2007HSF027-16	130,09	Brazlandia	121,68
2007HSF023-08	192,01	2007HSF028-05	154,27	Brazlandia	230,03
2007HSF024-02	116,34	2007HSF028-06	144,85	ITAJUBÁ	65,55
2007HSF024-04	110,58	2007HSF028-08	93,71	Palmas ^{1/}	128,05
2007HSF025-04	96,46	2007HSF028-11	13,53	UFLA-07-12	131,16
2007HSF026-01	21,19	2007HSF029-01	58,49	UFLA-07-43^{1/}	215,80
2007HSF026-02	204,33	2007HSF029-02	58,94	UFLA-07-49 ^{1/}	98,76

^{1/} Testemunhas – média referente a 6 repetições

^{2/} Genótipos em “negrito” são os selecionados para esta característica

DMS (diferença mínima significativa) entre tratamentos regulares do mesmo bloco: 256,46; DMS entre tratamentos regulares de blocos diferentes: 277,01; DMS entre tratamentos comuns: 104,70; DMS entre tratamentos comuns e regulares: 182,74, segundo teste de Tukey, a 5% de probabilidade

Tabela 6 Média ajustada do rendimento potencial de etanol (L ha⁻¹) de 94 clones de batata-doce, oriundos de famílias de meios-irmãos, além de seis testemunhas e dois acessos, selecionados em etapas anteriores do programa de melhoramento de batata-doce da UFLA. UFLA, Lavras, MG, 2010

Genótipo	Rendimento potencial de etanol (L ha ⁻¹)	Genótipo	Rendimento potencial de etanol (L ha ⁻¹)	Genótipo	Rendimento potencial de etanol (L ha ⁻¹)
2007HSF001-01 ^{2/}	5810,86	2007HSF005-06	366,58	2007HSF010-35	2735,52
2007HSF001-09	1827,70	2007HSF006-13	624,34	2007HSF010-41	3130,73
2007HSF001-16	5536,36	2007HSF006-16	2329,72	2007HSF010-47	5169,11
2007HSF001-17	1830,66	2007HSF006-17	3733,59	2007HSF011-01	1476,22
2007HSF001-21	973,31	2007HSF007-04	1199,96	2007HSF011-02	4968,14
2007HSF001-22	1718,63	2007HSF007-10	899,40	2007HSF011-06	3967,58
2007HSF001-24	2752,02	2007HSF007-16	1674,44	2007HSF011-10	5792,94
2007HSF001-26	4057,86	2007HSF007-17	4471,22	2007HSF012-02	1316,93
2007HSF001-28	1834,94	2007HSF007-21	2590,55	2007HSF014-04	1579,66
2007HSF001-37	3383,92	2007HSF007-26	2126,65	2007HSF014-05	4157,55
2007HSF001-40	2647,73	2007HSF007-27	1318,98	2007HSF016-05	993,37
2007HSF001-47	4678,43	2007HSF009-06	1266,24	2007HSF018-03	1482,82
2007HSF002-02	3283,53	2007HSF010-01	2511,74	2007HSF019-01	1812,50
2007HSF002-04	9694,88	2007HSF010-06	6128,22	2007HSF020-05	8124,83
2007HSF002-11	4051,62	2007HSF010-08	3052,99	2007HSF020-07	8030,87
2007HSF002-19	2586,90	2007HSF010-12	9048,90	2007HSF020-08	2437,74
2007HSF004-03	3335,31	2007HSF010-23	3572,06	2007HSF020-12	531,58
2007HSF004-06	2684,73	2007HSF010-25	3567,91	2007HSF021-01	1766,76
2007HSF004-08	17084,52	2007HSF010-31	8390,60	2007HSF022-02	3298,86
2007HSF005-01	1228,90	2007HSF010-33	1014,11	2007HSF022-03	7194,94

Tabela 6, conclusão

Genótipo	Rendimento potencial de etanol (L ha ⁻¹)	Genótipo	Rendimento potencial de etanol (L ha ⁻¹)	Genótipo	Rendimento potencial de etanol (L ha ⁻¹)
2007HSF022-04	926,20	2007HSF026-05	2091,37	2007HSF029-03	3509,05
2007HSF022-05	3789,48	2007HSF027-05	8156,68	2007HSF029-09	28,06
2007HSF022-06	667,39	2007HSF027-07	1519,69	2007HSF030-02	1548,95
2007HSF022-09	2360,04	2007HSF027-08	5039,25	2007HSF030-10	7469,32
2007HSF022-10	1797,48	2007HSF027-09	683,98	2007HSF031-02	2542,35
2007HSF022-12	564,41	2007HSF027-10	1287,40	2007HSF031-04	3490,65
2007HSF022-16	658,14	2007HSF027-12	1184,94	Brazlandia	2912,48
2007HSF022-19	2757,70	2007HSF027-16	2041,13	Brazlandia	3497,55
2007HSF023-08	4613,28	2007HSF028-05	5374,17	Brazlandia Roxa ^{1/}	6742,28
2007HSF024-02	2647,16	2007HSF028-06	2423,01	ITAJUBÁ	915,92
2007HSF024-04	2343,96	2007HSF028-08	1456,79	Palmas ^{1/}	2417,81
2007HSF025-04	4068,71	2007HSF028-11	112,41	UFLA-07-12	5993,35
2007HSF026-01	2437,36	2007HSF029-01	892,28	UFLA-07-43 ^{1/}	5959,88
2007HSF026-02	8314,93	2007HSF029-02	1273,24	UFLA-07-49 ^{1/}	5167,56

^{1/} Testemunhas – média referente a 6 repetições

^{2/} Genótipos em “negrito” são os selecionados para esta característica

DMS (Diferença mínima significativa) entre tratamentos regulares do mesmo bloco: 9.581,14; DMS entre tratamentos regulares de blocos diferentes: 10.348,82; DMS entre tratamentos comuns: 3.911,48; DMS entre tratamentos comuns e regulares: 5.106,66, segundo teste de Tukey, a 5% de probabilidade

Tabela 7 Média ajustada da Densidade das raízes de 94 clones de batata-doce, oriundos de famílias de meios-irmãos, além de seis testemunhas e dois acessos, selecionados em etapas anteriores do programa de melhoramento de batata-doce da UFLA. UFLA, Lavras, MG, 2010

Genótipo	Densidade	Genótipo	Densidade	Genótipo	Densidade
2007HSF001-01^{2/}	1,0958	2007HSF005-06	1,0722	2007HSF010-35	1,0791
2007HSF001-09	1,0999	2007HSF006-13	1,0852	2007HSF010-41	1,0742
2007HSF001-16	1,1021	2007HSF006-16	1,0842	2007HSF010-47	1,0894
2007HSF001-17	1,1025	2007HSF006-17	1,1017	2007HSF011-01	1,0593
2007HSF001-21	1,1022	2007HSF007-04	1,1068	2007HSF011-02	1,0544
2007HSF001-22	1,1170	2007HSF007-10	1,1034	2007HSF011-06	1,1002
2007HSF001-24	1,1132	2007HSF007-16	1,1084	2007HSF011-10	1,0424
2007HSF001-26	1,1021	2007HSF007-17	1,0706	2007HSF012-02	1,0760
2007HSF001-28	1,0938	2007HSF007-21	1,0993	2007HSF014-04	1,1123
2007HSF001-37	1,1067	2007HSF007-26	1,1128	2007HSF014-05	1,0808
2007HSF001-40	1,0956	2007HSF007-27	1,1039	2007HSF016-05	1,0785
2007HSF001-47	1,0876	2007HSF009-06	1,1025	2007HSF018-03	1,0813
2007HSF002-02	1,0847	2007HSF010-01	1,1136	2007HSF019-01	1,0920
2007HSF002-04	1,1141	2007HSF010-06	1,0797	2007HSF020-05	1,0737
2007HSF002-11	1,0913	2007HSF010-08	1,1142	2007HSF020-07	1,0656
2007HSF002-19	1,0720	2007HSF010-12	1,0749	2007HSF020-08	1,0428
2007HSF004-03	1,0899	2007HSF010-23	1,1305	2007HSF020-12	1,0367
2007HSF004-06	1,0569	2007HSF010-25	1,0943	2007HSF021-01	1,1004
2007HSF004-08	1,0942	2007HSF010-31	1,1032	2007HSF022-02	1,0532
2007HSF005-01	1,0985	2007HSF010-33	1,0573	2007HSF022-03	1,0952

Tabela 7, conclusão

Genótipo	Densidade	Genótipo	Densidade	Genótipo	Densidade
2007HSF022-04	1,0950	2007HSF026-05	1,0692	2007HSF029-03	1,0945
2007HSF022-05	1,0415	2007HSF027-05	1,0802	2007HSF029-09	1,0721
2007HSF022-06	1,0580	2007HSF027-07	1,0760	2007HSF030-02	1,1061
2007HSF022-09	1,0795	2007HSF027-08	1,0680	2007HSF030-10	1,0960
2007HSF022-10	1,0717	2007HSF027-09	1,0952	2007HSF031-02	1,0567
2007HSF022-12	1,0946	2007HSF027-10	1,0837	2007HSF031-04	1,1024
2007HSF022-16	1,0932	2007HSF027-12	1,0803	Brazlandia	1,0460
2007HSF022-19	1,0635	2007HSF027-16	1,0944	Brazlandia	1,0311
2007HSF023-08	1,0915	2007HSF028-05	1,0577	Brazlandia	1,0593
2007HSF024-02	1,1051	2007HSF028-06	1,0760	ITAJUBÁ	1,1036
2007HSF024-04	1,0748	2007HSF028-08	1,1148	Palmas ^{1/}	1,0497
2007HSF025-04	1,0790	2007HSF028-11	1,0729	UFLA-07-12	1,0937
2007HSF026-01	1,1032	2007HSF029-01	1,0660	UFLA-07-43 ^{1/}	1,0599
2007HSF026-02	1,0633	2007HSF029-02	1,0873	UFLA-07-49 ^{1/}	1,0557

^{1/} Testemunhas – média referente a 6 repetições.

^{2/} Genótipos em “negrito” são os selecionados para esta característica.

DMS (Diferença mínima significativa) entre tratamentos regulares do mesmo bloco: 0,0500; DMS entre tratamentos regulares de blocos diferentes: 0,0540; DMS entre tratamentos comuns: 0,0204; DMS entre tratamentos comuns e regulares: 0,0267, segundo teste de Tukey, a 5% de probabilidade.

Tabela 8 Matriz de correlações fenotípicas (r_F), genotípicas (r_G) e ambientais (r_A) entre caracteres de 114 clones de batata-doce. UFLA, Lavras, MG, 2010

Caracteres	r	% amido na raiz fresca	Rendimento em etanol (L t ⁻¹)	Rendimento potencial de etanol (L ha ⁻¹)	Densidade de raízes
Produtividade de raízes (t ha ⁻¹)	F	0,3452 ^{ns}	0,3452 ^{ns}	0,7612 ^{**}	0,4899 ^{ns}
	G	0,5697 ^{1/}	0,5698	0,7891	0,5822
	A	-0,1514 ^{ns}	-0,1515 ^{ns}	0,6860 ^{**}	-0,2897 ^{ns}
% amido na raiz fresca	F	-	1,0000 ^{**}	0,6947 ^{**}	0,5782 [*]
	G	-	1,0000	0,7786	0,7133
	A	-	1,0000 ^{**}	0,5086 ^{ns}	0,0252 ^{ns}
Rendimento potencial de etanol (L ha ⁻¹)	F	-	0,6947 ^{**}	-	0,3622 ^{ns}
	G	-	0,7787	-	0,4227
	A	-	0,5085 ^{ns}	-	-0,0882 ^{ns}
Densidade de raízes	F	-	0,5782 [*]	-	-
	G	-	0,7133	-	-
	A	-	0,0252 ^{ns}	-	-

^{1/} Não foi avaliada pelo teste t a hipótese de que o coeficiente de correlação genética é igual a zero ($H_0: \rho=0$), devido ao fato de os graus de liberdade para esse tipo de correlação não ser facilmente estabelecido
^{ns}, ^{**}, ^{*}: não significativo, significativo a 1 e 5%, pelo teste t , respectivamente

ARTIGO 2

**VARIABILIDADE GENÉTICA EM BATATA-DOCE PARA A
RESISTÊNCIA A *Meloidogyne enterolobii***

**Artigo redigido conforme norma da revista Pesquisa Agropecuária
Brasileira – PAB (Versão preliminar)**

Variabilidade genética em batata-doce para resistência a *Meloidogyne enterolobii*

Ranoel José de Sousa Gonçalves⁽¹⁾, Wilson Roberto Maluf⁽²⁾ e Vicente Paulo Campos⁽³⁾

⁽¹⁾Universidade Federal de Lavras (UFLA), Departamento de Biologia, Caixa Postal 3.037, CEP 37200-000. Lavras, MG. E-mail: ranoelgoncalves@hotmail.com, ⁽²⁾UFLA, Departamento de Agricultura. E-mail: wrmaluf@dag.ufla.br, ⁽³⁾UFLA, Departamento de Fitopatologia. E-mail: vpcampos@ufla.br.

Resumo – Este trabalho foi realizado com o objetivo de selecionar clones de batata-doce (*Ipomoea batatas*) resistentes a *Meloidogyne enterolobii* (Syn. *M. mayaguensis*) e avaliar a eficiência do método de seleção empregado, pela estimação dos coeficientes de variação genética (CV_g) e ambiental (CV_e), e das estimativas das herdabilidades no sentido amplo. Foram utilizados 142 genótipos de batata-doce, dentre eles quatro cultivares comerciais - Brazlândia Rosada, Brazlândia Roxa, Brazlândia Branca e Palmas -, e o tomateiro cv. Santa Clara (utilizado como padrão de suscetibilidade). O delineamento experimental utilizado foi de blocos casualizados completos com duas repetições de seis plantas cada uma. A classificação dos níveis de resistência foi realizada de acordo com o número de ovos por grama de raiz, fator de reprodução (FR) e índice de reprodução (IR) relativo à cultivar de tomate Santa Clara. A relação $b = CV_g / CV_e$ e a herdabilidade no sentido amplo foram altas tanto para número de ovos por grama de raiz como para o fator de reprodução e índice de reprodução, demonstrando a eficiência do método empregado para a seleção de genótipos resistentes. Foram identificados, como promissores para dar continuidade ao programa de melhoramento genético, 31 genótipos de batata-doce resistentes a *M. enterolobii*.

Termos para indexação: *Ipomoea batatas*, número de ovos, resistência, índice de reprodução, fator de reprodução.

Genetic variability in sweet potato for resistance to *Meloidogyne enterolobii*

Abstract - The objective of this work was to select sweetpotato (*Ipomoea batatas*) clones resistant to *Meloidogyne enterolobii* (Syn. *M. mayaguensis*), and to assess the efficiency of the selection method deployed, through the estimation of genetic (CV_g) and environmental (CV_e) coefficients of variation, and broad-sense heritabilities. Genotypes assessed comprised 142 sweetpotato entries altogether, including four commercial cultivars – Brazlândia Rosada, Brazlândia Roxa, Brazlândia Branca, Palmas – plus the tomato cultivar Santa Clara (a standard for nematode susceptibility). The experimental design was in randomized complete blocks with two replications (6 plants per replication). Nematode resistance levels were defined by the number of eggs per gram of roots, reproduction factor (RF) and by the reproduction index (RI) relative to tomato cv. Santa Clara. The ratios $b = CV_g/CV_e$ and broad-sense heritability estimates were high for number of eggs per gram of roots, for reproduction factor and nematode reproduction index, indicating that the selection method deployed was efficient for the selection of resistant genotypes. Thirty-one genotypes of sweetpotato resistant to *M. enterolobii* were identified as promising to continue the breeding program.

Index terms: *Ipomoea batatas*, number of eggs, resistance, reproduction index, reproduction factor.

Introdução

A batata-doce [*Ipomoea batatas* (L.) Lam.] é uma hortaliça tuberosa de fácil cultivo, ampla adaptação, alta tolerância à seca e baixo custo de produção, sendo muito popular e apreciada em todo território brasileiro. Apesar de apresentar fundamental importância social e econômica, ainda é pouco valorizada no Brasil (Silva et al., 2004a; Ritschel et al., 1999). É uma hortaliça com múltiplos usos, podendo ser utilizada na alimentação humana (batata-doce cozida) ou processada industrialmente, nas formas de amido, macarrão e farinha (Centro Internacional de la Papa - CIP, 2000). Pode, ainda, ser utilizada na alimentação animal (Xianglin, 2004; Centro Internacional de la papa, 2000) ou como alternativa na produção de etanol biocombustível (Souza, 2006).

Mesmo apresentando elevado potencial produtivo, no Brasil é comum encontrar baixas produtividades de batata-doce, decorrentes, principalmente, da utilização de materiais genéticos obsoletos e degenerados, em sua maioria suscetíveis a pragas e doenças. A degenerescência por doenças é favorecida pelo fato de a cultura ser propagada comercialmente por meio de reprodução assexuada, com uso de ramos, o que acentua o problema a cada geração (Kroth et al., 2004). A utilização de baixa tecnologia também leva a produtividades aquém da mínima desejável (Silva et al., 2004a). Entre os patógenos, os nematóides das galhas (*Meloidogyne* spp.) podem ser considerados, em parte, determinantes da baixa produtividade brasileira nessa cultura (11,2 t.ha⁻¹) (Mapa, 2005).

As principais espécies de nematóides que afetam a cultura são *M. javanica* (Treub) Chitwood, 1949 e *M. incognita* (Kofoid & White) Chitwood, 1949, raças 1, 2, 3 e 4. Embora a cultura seja considerada como “falsa não hospedeira”, pois frequentemente não produz o sintoma mais característico do patógeno – galhas produzidas pela ovoposição das fêmeas nas raízes –, as raízes

secundárias de plantas de batata-doce apresentam grande potencial para acumular altos níveis populacionais de nematoides (Charchar & Ritschel, 2004). Durante a infecção, as fêmeas penetram nas raízes, principalmente no sistema radicular secundário, e depositam massas de ovos. Dos ovos eclodem as formas juvenis do primeiro estágio, que infectam novas raízes e se alimentam de metabólitos da planta até atingirem a fase adulta, quando o ciclo se reinicia (Massaroto, 2008).

Exceto em cultivares de elevada suscetibilidade, em que as galhas depreciam qualitativamente as raízes tuberosas, os efeitos sobre a parte comercial não são diretos, pois os nematoides raramente infectam diretamente as raízes tuberosas. O efeito indireto dos nematoides sobre a produtividade ocorre pelo prejuízo ao desenvolvimento das raízes, com redução na disponibilidade de água, nutrientes e assimilados para a planta e, conseqüentemente, queda acentuada de produtividade, circunstância em que pode ocorrer a morte da planta (Charchar & Ritschel, 2004).

A utilização de nematicidas como método de controle é uma prática cara e ineficiente, e sua aplicação de forma inadequada pode contaminar o trabalhador, os próprios alimentos e o ambiente. Assim, o uso de genótipos resistentes é a técnica desejável para o controle do patógeno na cultura, por não onerar o custo de produção e não ser agressivo ao meio ambiente (Pinheiro et al., 2009).

Para algumas espécies de *Meloidogyne*, como o *M. incognita* (raças 1, 2, 3 e 4) e o *M. javanica*, fontes de resistência têm sido identificadas em batata-doce (Silveira e Maluf, 1993; Azevedo, 1995; Silveira et al., 1997; Wanderley e Santos, 2004; Marchese et al., 2010). No entanto, novas espécies de nematóide das galhas têm sido descritas com a habilidade de quebrar a resistência dessas fontes (Charchar et al., 2004). Dentre estas novas espécies com potencial de infectar e causar doença mesmo em cultivares de batata-doce que apresentem

resistência a *M. incognita* e/ou *M. javanica* encontra-se *Meloidogyne enterolobii* (Syn. *M. mayaguensis*). A ocorrência de *M. enterolobii* (Yang & Eisenback, 1983) foi relatada pela primeira vez no Brasil em Petrolina (PE), Curaçá e Maniçoba (BA), causando danos severos em plantios comerciais de goiabeira (Carneiro et al., 2001). Além de possuir rápida disseminação, *M. enterolobii* é uma espécie altamente polífaga e tem sido registrada parasitando plantas ornamentais, fumo, soja, cafeeiro, mamão, acerola, araçá e diversas hortaliças (Maranhão 2001; Lima et al., 2003, Guimarães et al., 2003).

Fargette (1987) confirmou que a cultivar de batata-doce ‘CDH’ cultivada no Oeste da África, embora caracterizada como resistente a *M. incognita*, foi considerada suscetível a *M. enterolobii*. Informações sobre a resistência de cultivares comerciais de batata-doce a *M. enterolobii* ainda são consideradas escassas no Brasil (Oliveira, 2007; Cantu et al., 2009). Melo et al. (2011) avaliaram a resistência a *M. enterolobii* em genótipos de tomateiro, alface, feijão comum e vagem, pimentas e pimentões, além de batata-doce. De acordo com este autor, nenhum genótipo de tomateiro analisado, portador ou não do alelo Mi que confere resistência a *M. incognita* e *M. javanica*, foi considerado resistente a este patógeno. Apresentaram níveis moderados de resistência apenas uma cultivar de feijão, dois acessos de *Capsicum chinense* e três acessos de *Capsicum annum*. Destacaram-se como muito resistentes apenas cinco cultivares de alface e dois clones de batata-doce (UFLA07-49 e UFLA07-53). Assim, considerando a agressividade e a capacidade desse parasita de infectar vários hospedeiros, é de suma importância identificar cultivares ou acessos adicionais de batata-doce com resistência a *M. enterolobii*.

Este trabalho foi realizado com o objetivo de identificar clones de batata-doce resistentes a *M. enterolobii* e avaliar a eficiência do método de seleção empregado, pela estimação dos coeficientes de variação genética e ambiental, e das herdabilidades no sentido amplo.

Material e Métodos

Em março de 2008, sementes botânicas, oriundas de 31 famílias de meios-irmãos de batata-doce provenientes dos programas de pesquisa da Universidade Federal do Tocantins (Palmas, TO) e Embrapa Hortaliças (Brasília, DF), foram semeadas e as mudas resultantes deste plantio, um total de 330 plantas (genótipos), foram levadas ao campo para multiplicação de ramas e posterior instalação de experimento do programa de melhoramento da Universidade Federal de Lavras (Lavras, MG, Brasil). O ensaio foi conduzido nas instalações da Estação Experimental de Hortaliças da HortiAgro Sementes S.A., Fazenda Palmital, município de Ijaci, MG (21°14'16" de latitude sul e 45°08'00" de longitude oeste, à altitude média de 918 m). Foram selecionados clones com produtividades identificadas preliminarmente como próximas ou superiores a 50 toneladas de raízes por hectare, totalizando 116 acessos, identificados com as denominações 2007HSF-xxx-yy, em que xxx = número da família de meios-irmãos e yy = número do clone selecionado dentro da família (Tabelas 2, 3 e 4).

Estes acessos foram testados para resistência a *M. enterolobii* em março de 2010. Foram utilizados 142 genótipos de batata-doce (Tabelas 2,3 e 4), dentre eles, quatro cultivares comerciais (Brazlândia Rosada, Brazlândia Roxa, Brazlândia Branca e Palmas), os 116 clones de batata-doce 2007HSF-xxx-yy selecionados na fase anteriormente descrita, além de 11 acessos (denominados UFLA-07-01, UFLA-07-02, UFLA-07-05, UFLA-07-10, UFLA-07-11, UFLA-07-12, UFLA-07-14, UFLA-07-31, UFLA-07-43, UFLA-07-49 e UFLA-07-53, anteriormente selecionados para características de interesse comercial, em etapas mais avançadas do programa de melhoramento da Universidade Federal de Lavras) e 11 clones (denominados Amanda, Anaclara, Barbara, Beatriz, Carolina, Duda, Itajubá, Izabela, Julia, Livia e Marcela, cultivares oriundas do

programa de melhoramento genético da Universidade Federal de Tocantins). O tomate cultivar Santa Clara foi utilizado como hospedeiro padrão do nematoide.

O plantio dos materiais foi realizado em bandejas de poliestireno expandido de 72 células com substrato comercial (aproximadamente 120 ml de substrato por célula), utilizando ramas com aproximadamente 20 cm de comprimento e 3 a 4 gemas internodais. A inoculação foi realizada 30 dias após o plantio. Ovos de *M. enterolobii* foram extraídos de plantas previamente inoculadas de tomateiros (cv. TOM-684, portadora do gene *Mi* e suscetível a *M. enterolobii*), conforme técnica descrita por Hussey & Baker (1973). Depois de lavadas, as raízes do tomateiro foram picadas e processadas em liquidificador por 30 segundos, em solução de hipoclorito de sódio, a 0,5%. Após a trituração, a solução foi passada em peneira de 0,074 mm (200 MESH), colocada sobre uma outra peneira de 0,028 mm (500 MESH), juntamente com água abundante. Na peneira de 0,074 mm ficaram retidos os restos de raízes, enquanto na de 0,028 mm foram coletados os ovos de *M. enterolobii* e transferidos para um béquer, com o auxílio de uma pisceta com água pura.

Os ovos assim obtidos foram contados com auxílio de estereomicroscópio. Primeiramente, completou-se o volume de água do béquer para 1.000 ml. Em seguida, homogeneizou-se a solução contendo os ovos, os quais foram retirados com auxílio de uma pipeta em 3 alíquotas de 1 ml. Estas foram colocadas em câmara de Peters (Southey, 1970) e levadas ao estereomicroscópio contando-se o número de ovos em todas as alíquotas, calculando-se a média e obtendo-se o número médio de ovos por mL da solução. Para a inoculação das plântulas de batata-doce, foi utilizada uma alíquota desta solução com a quantidade total de 2.000 ovos por célula, aplicados utilizando-se seringa de uso veterinário. A viabilidade deste inóculo foi avaliada em câmara de eclosão, obtendo-se 63,95% de ovos viáveis, correspondentes à população inicial de 1.279 ovos viáveis por célula.

O delineamento experimental utilizado foi o de blocos completos casualizados, com duas repetições de seis plantas cada uma. Cada bloco foi composto por 13 bandejas, sendo cada uma delas composta de 11 fileiras de 6 plantas com genótipo de batata-doce e uma fileira com o tomate cv Santa Clara. Assim, a observação de uma repetição é referente à média de uma parcela com seis plantas.

Sessenta dias após a inoculação, as plantas foram retiradas cuidadosamente das bandejas de poliestireno e suas raízes lavadas, para a extração dos ovos, conforme a metodologia de Hussey & Baker (1973), descrita por Silva et al. (2004b). As estimativas do número de ovos foram realizadas pela contagem de 1 mL da suspensão, em câmara de Peters (Southey, 1970), com uso de microscópio estereoscópico. Os dados coletados para o número total de ovos foram determinados pela extrapolação dos valores obtidos nesta contagem.

Os parâmetros utilizados foram: número de ovos por grama de raiz, fator de reprodutividade ($FR = \text{população final/população inicial de ovos viáveis}$) e índice de reprodução. Para o cálculo do número de ovos por grama de raiz, o número de ovos totais extraídos de cada sistema radicular foi dividido pelo peso deste. O fator de reprodutividade (FR) foi utilizado para definir resistência ($FR < 1$) e suscetibilidade ($FR \geq 1$), segundo o critério de Oostenbrink (1966).

O índice de reprodução de *M. enterolobii* foi determinado considerando o tomateiro como testemunha padrão (100%). Os valores da população final (Pf) encontrados nos genótipos de batata-doce foram divididos pelos encontrados no tomateiro, definindo-se, assim, os valores dos índices de reprodução. Com base nestes valores, definiram-se os níveis de resistência de cada genótipo de batata-doce ao *M. enterolobii*, de acordo com o índice de reprodução (IR) estabelecido por Taylor (1967): S = planta suscetível (reprodução normal), acima de 51% em relação ao tomateiro; LR = levemente resistente, de 26% a 50%; MoR =

moderadamente resistente, de 11% a 25%; MR = muito resistente, de 1% a 10%; AR/I = altamente resistente/imune, abaixo de 1%.

Para atender às pressuposições da análise de variância, os valores obtidos em todos os parâmetros foram submetidos à transformação de $\log(x+1)$, em que “x” representa o número ovos por grama de raiz. Os dados transformados foram submetidos à análise de variância, com os recursos do pacote computacional SAS (SAS Institute, 2001). As médias dos tratamentos foram comparadas pelo teste de Scott & Knott (1974). A partir das esperanças dos quadrados médios das análises de variância, foram estimadas as variâncias genéticas (σ_g^2) e ambientais (σ_e^2), a herdabilidade no sentido amplo (h_a^2) para cada característica de acordo com o procedimento de Vencovsky e BARRIGA (1992), por meio da seguinte expressão:

$$h_a^2 = (\sigma_g^2 / (\sigma_g^2 + \sigma_e^2)) \times 100.$$

Os coeficientes de variação genética (CV_g) e ambiental (CV_e), bem como o índice b (CV_g/CV_e), para as características avaliadas, foram estimadas a partir das seguintes expressões:

$$CV_g (\%) = (((\sigma_g^2)^{0,5}) / \mu) \times 100, \text{ e } CV_e = (((\sigma_e^2)^{0,5}) / \mu) \times 100.$$

Resultados e Discussão

Houve efeito significativo para número de ovos por grama de raiz, fator de reprodução (FR) e índice de reprodução (IR) do *M. enterolobii* entre os genótipos de batata-doce, indicando, assim, haver variabilidade genética entre eles (Tabela 1). As estimativas dos coeficientes de variação ambiental (CV_e) foram de 7,69%, 22,03% e 11,05%, para número de ovos por grama de raiz, fator de reprodução (FR) e índice de reprodução (IR), respectivamente. Essas estimativas de coeficiente de variação foram inferiores ao que é observado comumente em experimentos com batata-doce relacionados à resistência a nematoides (Azevedo et al., 2000; Cardoso et al., 2005; Marchese et al., 2010). Estimativas bem mais elevadas para o coeficiente de variação genética (CV_g) foram observadas neste trabalho, quando comparadas com as estimativas do CV_e , sendo de 18,90%, 48,21% e 32,20%, para o número de ovos por grama de raiz, fator de reprodução e para o índice de reprodução, respectivamente. Essa situação permite inferir que não somente há alta variabilidade entre os materiais, mas também uma situação bastante favorável para a seleção de clones resistentes, explicitada por valores da razão $b = CV_g/CV_e$, que foram superiores a 2,0 (Tabela 1), para as três características analisadas.

As estimativas de herdabilidade no sentido amplo (h_a^2) foram altas (superiores a 80%) para as três variáveis analisadas (Tabela 1), reforçando o fato de que a maior parte da variabilidade fenotípica foi de natureza genética, indicando que a seleção baseada nessas características poder ser realizada com eficiência, conforme comentado anteriormente.

Pelo critério do número de ovos por grama de raiz, 80,99% dos genótipos testados foram considerados suscetíveis, pois suas médias não diferiram da do tomate cv Santa Clara, utilizado como testemunha suscetível, pelo teste de Scott-Knott, a 5 % de probabilidade (Tabela 2). Foi possível

verificar que cultivares utilizadas como testemunhas, ‘Brazlândia Rosada’, ‘Brazlândia Roxa’, ‘Brazlândia Branca’ e ‘Palmas’, apresentaram-se suscetíveis ao *M. enterolobii*. Marchese et al. (2010) verificaram que a cultivares Palmas e Brazlândia Roxa apresentaram-se como resistentes à raça 1 de *M. incognita*, enquanto ‘Brazlândia Rosada’ e ‘Brazlândia Branca’ foram suscetíveis. A resistência a *M. incognita* não se mostrou, portanto, associada à resistência ao *M. enterolobii*. Foram classificados como resistentes a *M. enterolobii* 27 genótipos de batata-doce (19,01%), pois esses estão presentes em grupos diferentes do tomate cv. Santa Clara, pelo teste de Scott-Knott, a 5% de probabilidade (Tabela 2).

Pelo critério citado por Oosternbrink (1966), 78,87% dos genótipos testados foram considerados suscetíveis, com fator de reprodução igual ou acima de 1,0 (Tabela 3), inclusive, conforme também observado para número de ovos por grama de raiz, as cultivares testemunhas Brazlândia Branca, Brazlândia Roxa, Brazlândia Rosada e Palmas. O genótipo Livia proporcionou um aumento na população do nematoide superior a 30 vezes relativamente à população inicial do inoculo (1279 ovos). Por este mesmo critério, foram classificados como resistentes 30 genótipos (21,13%), sendo confirmado pelo teste de Scott-Knott, os quais pertencem a grupos diferentes do tomate cv. Santa Clara.

De acordo com o critério de reprodução estabelecido por Taylor (1967), foram constatados desde genótipos suscetíveis até altamente resistentes ou imunes de acordo com seu índice de reprodução (Tabela 4). Entre os genótipos testados, 78,16% (S= suscetível e LR= ligeiramente resistente) foram classificados como suscetíveis, incluindo também as testemunhas Brazlândia Branca, Brazlândia Roxa, Brazlândia Rosada e Palmas; 4,93% foram classificados como moderadamente resistentes; 15,49% muito resistentes e 1,40% altamente resistentes ou imunes (Tabela 4).

Os clones UFLA-07-49 e UFLA-07-53 apresentaram-se entre os genótipos resistentes ao nematoide *M. enterolobii* nos três critérios utilizados. Os materiais denominados UFLA-07-xx são genótipos já testados em fases avançadas do programa de melhoramento da UFLA e possuem alta produtividade e características de interesse comercial que, somadas à resistência ao nematoide *M. enterolobii*, os tornam promissores para o mercado. Em estudo recente, esses dois genótipos, UFLA-07-49 e UFLA-07-53, também apresentaram resistência ao nematoide *M. incognita* raça 1 (Marchese et al., 2010).

De maneira geral, pelo critério de Taylor (1967) 31 genótipos podem ser selecionados, considerando clones altamente resistente/imunes, muito resistentes e moderadamente resistentes como possuidores de algum grau de resistência (Tabela 4). Todos esses genótipos não estão presentes no mesmo grupo do tomate cv. Santa Clara (testemunha de suscetibilidade), pelo teste de Scott-Knott, a 5% de probabilidade, condicionando, assim, a classificação de resistente. Marchese et al. (2010) visando à seleção de genótipos de batata-doce resistentes a *M. incognita* raça 1, considerou como merecedores de seleção apenas aqueles altamente resistentes/imunes e os muito resistentes. Entretanto, no estudo em questão, não foi realizado um procedimento de comparação múltipla que permitisse intensificar a inclusão dos genótipos moderadamente resistentes nos selecionados.

Comparando-se os critérios fator de reprodução com o índice de reprodução, observa-se que o genótipo 2007HSF001-58 não seria considerado resistente pelo primeiro, mesmo apresentando um FR médio de 1,09 (Tabela 3), valor este, contudo, muito próximo ao ponto de truncagem dos genótipos a ser selecionado neste critério. No entanto, foi considerado moderadamente pelo critério de Taylor (1967).

Considerando, conjuntamente, os critérios de seleção, nota-se que 27 genótipos (19,01%), classificados como resistentes, são comuns aos três critérios (Tabelas 2, 3 e 4). Os genótipos 2007HSF001-58, 2007HSF002-08, 2007HSF006-08 e Carolina não apresentaram consistência quanto à classificação como resistente em todos os critérios. Esses não seriam selecionados utilizando-se o critério número de ovos por grama de raiz (Tabela 2). Contudo, comparando-se as médias destes com o genótipo Lívia será possível observar uma diferença considerável, uma vez que, neste último, a população de nematóides chegou a crescer mais de 30 vezes, conforme já comentado anteriormente.

De maneira geral, os três critérios foram coerentes entre si e eficientes para a identificação e seleção de genótipos com resistência ao *M. enterolobii*. Porém, observa-se que, devido ao índice de reprodução proporcionar uma maior distribuição de classes distintas – AR/I, MR, MoR, LR e S –, é possível maior flexibilidade para estabelecer um ponto de truncagem dos genótipos a serem selecionados. Dessa forma, optou-se por selecionar 31 genótipos com algum nível de resistência por este critério para dar continuidade ao programa de melhoramento de batata-doce da Universidade Federal de Lavras.

Dos 142 genótipos de batata-doce avaliados neste estudo, 121 são comuns ao experimento realizado por Marchese et al. (2010). Assim, comparando-se os resultados, pode-se verificar que alguns genótipos que apresentaram algum grau de resistência à raça 1 de *Meloidogyne incognita* foram suscetíveis ao *M. enterolobii*, sendo estes: 2007HSF001-01, 2007HSF001-09, 2007HSF001-22, 2007HSF001-23, 2007HSF001-24, 2007HSF001-25, 2007HSF001-26, 2007HSF001-28, 2007HSF001-37, 2007HSF001-41, 2007HSF001-45, 2007HSF001-47, 2007HSF001-58, 2007HSF002-04, 2007HSF002-11, 2007HSF002-19, 2007HSF007-11, 2007HSF007-21, 2007HSF007-27, 2007HSF009-06, 2007HSF010-33,

2007HSF011-06, 2007HSF014-04, 2007HSF014-05, 2007HSF019-01,
2007HSF020-07, 2007HSF022-02, 2007HSF022-03, 2007HSF022-05,
2007HSF022-10, 2007HSF022-19, 2007HSF027-05, 2007HSF028-06,
2007HSF028-16, 2007HSF029-01, 2007HSF030-02, 2007HSF030-10,
2007HSF031-04, UFLA07-31, UFLA07-43, Brazlândia Roxa e Palmas.

Por outro lado, alguns genótipos que, neste experimento, apresentaram-se com certo grau de resistência ao *M. enterolobii* foram suscetíveis à raça 1 de *Meloidogyne incognita*. São eles: 2007HSF004-04, 2007HSF004-03, 2007HSF010-23, 2007HSF010-47, 2007HSF016-05, 2007HSF022-04, 2007HSF022-12, 2007HSF022-16, 2007HSF026-01, 2007HSF027-10, 2007HSF027-12 e 2007HSF029-02.

Entre os genótipos que apresentaram certo grau de resistência tanto para a raça 1 de *M. incognita* como para o *M. enterolobii* estão os clones 2007HSF001-21, 2007HSF002-02, 2007HSF002-08, 2007HSF002-14, 2007HSF004-08, 2007HSF006-13, 2007HSF010-25, 2007HSF012-02, 2007HSF020-08, 2007HSF023-08, 2007HSF024-01, 2007HSF027-08, UFLA07-49 e UFLA07-53. Estes genótipos podem ser considerados promissores para dar continuidade ao programa de melhoramento de batata-doce da UFLA, pois a obtenção de genótipos que apresentem resistência a um maior número de espécie de nematoides das galhas permite maior segurança e aceitação por parte dos produtores.

Mesmo havendo genótipos com resistências, tanto a *M. incognita* como a *M. enterolobii*, o fato de alguns genótipos serem resistentes à raça 1 de *M. incognita* e suscetíveis ao *M. enterolobii*, e vice-versa, permite concluir que os genes que conferem resistência ao *M. incognita* não são os mesmos que conferem a resistência ao *M. enterolobii*.

Conclusões

1) A relação entre a estimativa do coeficiente de variação genética e ambiental e a herdabilidade no sentido amplo foram altas, tanto para o número de ovos por grama de raiz como também para fator de reprodução e índice de reprodução, demonstrando a eficiência do método empregado para a seleção de genótipos resistentes.

2) Foram selecionados 31 genótipos de batata-doce resistente a *M. enterolobii*, ou seja, 21,84% dos clones avaliados são promissores para dar continuidade ao programa de melhoramento.

Agradecimentos

À Fundação de Amparo à Pesquisa do Estado de Minas Gerais (FAPEMIG), ao Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (CNPq), à Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (CAPES), à Universidade Federal de Lavras (UFLA), à Universidade Federal de Sergipe (UFS), à FAEPE/UFLA, à FUNDECC/UFLA, à empresa HortiAgro Sementes S.A. e à equipe do laboratório de Nematologia/UFLA.

Referências

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

CANTU, R. R.; WILCKEN, S. R. S.; ROSA, J. M. O.; GOTO, R. Reação de porta enxertos comerciais de tomateiro a *Meloidogyne mayaguensis* **Summa Phytopathologica**, v. 35, n. 3, p. 216-218, 2009.

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**, v.23, p.911-914, 2005.

CARNEIRO, R. M. D. G.; MOREIRA, W. A.; ALMEIDA, M. R. A.; GOMES, A. C. M. M. Primeiro registro de *Meloidogyne mayaguensis* em goiabeira no Brasil. **Nematologia Brasileira**, Brasília, DF, v. 25, n. 2, p. 223-228, 2001.

CENTRO INTERNACIONAL DE LA PAPA. **CIP sweetpotato facts**. Quito: CIP, 2000. Disponível em: <<http://cipotato.org/sweetpotato/facts/facts.asp>>. Acesso em: 8 set 2010.

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

CHARCHAR, J. M.; BOITEUX, L. S.; GIORDANO, L. B. Epidemics of *Meloidogyne brasilienses* on processing tomato hybrids carrying the *Mi* (root-knot nematode resistance) gene in Central Brazil. **Summa Phytopathologica**, Botucatu, v. 30, p. 108, 2004.

CHITWOOD, B.G. (1949) Root-knot nematodes – part I. A revision of the genus *Meloidogyne* Göldi, 1887. **Proceedings of the Helminthological Society of Washington**, v. 16, p. 90–104.

FARGETTE, M. Use of esterase phenotype in the taxonomy of the genus *Meloidogyne*. 2. Esterase phenotypes observed in West African populations and their characterization. **Revue de Nématologie**, Bondy, v. 10, p. 45-56, 1987.

GUIMARÃES, L. M. P.; MOURA, R. M.; PEDROSA, E. M. R. Parasitismo de *Meloidogyne mayaguensis* em diferentes espécies botânicas. **Nematologia Brasileira**, Brasília, DF, v. 27, n. 2, p. 139-147, 2003.

HUSSEY, R.S.; BARKER, K.R. A comparison of methods of collecting inocula of *Meloidogyne* spp. including a new technique. **Plant Disease Reporter**, v.57, p.1025-1028, 1973.

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

LIMA, I. M.; DOLINSKI, C.; SOUZA, R. M. Dispersão de *Meloidogyne mayaguensis* em goiabais de São João da Barras (RJ) e relato de novos hospedeiros dentre plantas invasoras e cultivadas. **Nematologia Brasileira**, Brasília, DF, v. 27, n. 2, p. 257-258, 2003.

MARANHÃO, S. R. **Reação de indivíduos segregantes de goiabeira e araçazeiro a *Meloidogyne* spp. e caracterização de populações atípicas do nematóide**. 2001. 96 f. Dissertação (Mestrado) – Universidade Federal de Rural de Pernambuco, Recife.

MARCHESE, A.; MALUF, R. M.; GONÇALVES NETO, A.C.; GONÇALVES, R. J. S.; GOMES, L. A. A. Seleção de clones de batata-doce resistentes a *Meloidogyne incognita* raça1. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v.45, n.9, p. 997-1004, set. 2010.

MASSAROTO, J.A. **Características agronômicas e produção de silagem de clones de batata doce**. 2008. 73p. Tese (Doutorado) - Universidade Federal de Lavras, Lavras.

MAPA. Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. **Culturas - Brasil: produtividade média de lavouras temporárias e permanentes**. 2005. Disponível em: <http://www.agricultura.gov.br/>>. Acesso em: 25 de Abril de 2010.

MELO, O. D.; MALUF, W. R.; GONÇALVES, R. J. S.; GONÇALVES NETO, A. C.; GOMES, L. A. A.; CARVALHO, R. C.; **Triagem de genótipos de hortaliças para resistência a *Meloidogyne enterolobii***. **Pesquisa agropecuária brasileira**, Brasília, v.46, n.8, p.829-835, ago. 2011.

OLIVEIRA, D. C. **Enxertia de plantas de pimentão em *Capsicum* spp. no manejo de nematoides de galha**. 2007. 134 p. Tese (Doutorado). Universidade Estadual Paulista, Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias de Jaboticabal, Jaboticabal.

OOSTENBRINK, M. Major characteristics of the relation between nematodes and plants. **Mededelingen Van De landbouwhogeschool Te Wageningen**, v.66, p.1-46, 1966.

PEIXOTO, J.R.; MALUF, W.R.; CAMPOS, V.P. Avaliação de linhagens, híbridos F1 e cultivares de pimentão quanto à resistência a *Meloidogyne* spp1. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v.34, p.2259-2265, 1999.

PINHEIRO, J.B.; BOITEUX, L.S.; LOPES, C.A.; SILVA, G.O. da. **Identificação de fontes de resistência ao nematóide *Meloidogyne mayaguensis* em acessos de tomateiro (*Solanum Lycopersicon*)**. Brasília: Embrapa Hortaliças, 2009. 19p. (Embrapa Hortaliças. Boletim de pesquisa e desenvolvimento, 56).

RAMMAH, A. AND HIRSCHMANN, H. (1988) *Meloidogyne mayaguensis* n. sp. (Meloidogynidae), a root-knot nematode from Puerto Rico. **Journal of Nematology**, 20, 58–69.

RITSCHER, P.S.; LOPES, C.A.; HUAMÁN, Z.; FERREIRA, M.E.; FRANÇA, F.H.; MENEZES, J.E.; TEIXEIRA, D.M.C.; TORRES, A.C.; CHARCHAR, J.M.; THOMAZELLI, L. Organização do banco ativo de germoplasma de batata-doce: situação atual e perspectivas. In: QUEIROZ, M.A. de; GOEDERT, C.O.; RAMOS, S.R.R. (Ed.). **Recursos genéticos e melhoramento de plantas para o Nordeste Brasileiro**. Petrolina: Embrapa-CPATSA; Brasília: Embrapa-Cenargen, 1999. Disponível em: <<http://www.cpatssa.embrapa.br/catalogo/livroorg/batatadoce.pdf>>. Acesso em: 17 nov 2009.

SAS INSTITUTE. **SAS/STAT software: changes and enhancements**. Release 8. Cary: SAS Institute, 2001.

SCOTT, A. J.; KNOTT, M. A. A cluster analyses method for grouping means in the analyses of variance. **Biometrics**, Raleigh, v. 30, n. 3, p. 507-512, 1974.

SILVA, J.B.C. da; LOPES, C.A.; MAGALHÃES, J.S. **Cultura da batata doce**. Brasília: Embrapa Hortaliças, 2004a. (Embrapa Hortaliças. Sistemas de produção, 6). Disponível em: <<http://www.cnph.embrapa.br/sistprod/batatadoce/index.htm>>. Acesso em: 12 dez. 2009.

SILVA, L.H.C.P.; CAMPOS, J.R.; DUTRA, M.R.; CAMPOS, V.P. Aumento da resistência de cultivares de tomate a *Meloidogyne incognita* com aplicação de acibenzolar-S-metil. **Nematologia Brasileira**, v.28, p.199-206, 2004b.

SILVEIRA, M.A.; MALUF, W.R. Resistência de clones de batata doce à *Meloidogyne* spp. **Horticultura Brasileira**, v.11, p.131-133, 1993.

SILVEIRA, M.A.; AZEVEDO, S.M.; MALUF, W.R.; CAMPOS, V.P.; MOMENTÉ, V.G. Palmas e Canuanã: novas cultivares de batata doce resistentes aos nematóides do gênero *Meloidogyne*. **Horticultura Brasileira**, v.15, p.122-123, 1997.

SOUTHEY, J.F. **Laboratory methods for work with plant and soil nematodes**. 5.ed. London: Ministry of Agriculture Fisheries and Food, 1970. 148p.

SOUZA, F.R. **Estabelecimento de um processo fermentativo utilizando células livres, a partir de clones de batata-doce [*Ipomoea batatas* (L.) Lam.] selecionadas para as condições de Palmas-TO**. 2006. 85p. Dissertação (Mestrado) – Universidade Federal do Tocantins, Palmas.

TAYLOR, A.L. **Introduction to research on plant nematology**: an FAO guide to study and control of the plant-parasitic nematodes. Rome: Food And Agricultural Organization of the United Nations, 1967. 133p.

YANG, B.J.; EISENBACK, J.D. *Meloidogyne enterolobii* n. sp. (Meloidogynidae), a root-knot nematode parasitizing pacara earpod tree in China. **Journal of Nematology**, v.15, p.381-391, 1983.

VENCOVSKY, R.; BARRIGA, P. **Genética biométrica no fitomelhoramento**. Ribeirão Preto: Sociedade Brasileira de Genética, 1992. 486p.

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

Tabela 1 Resumo da análise de variância para o número de ovos por grama de raiz, fator de reprodução (FR) e índice de reprodução (IR) de *Meloidogyne enterolobii* em raízes de clones de batata-doce. UFLA, Lavras, MG, 2010

Fontes de variação	GL	Nº de ovos/g de raiz	Fator de reprodução	Índice de reprodução
Blocos	1	0,8664626**	0,23411711**	0,57411078**
Genótipos	142	0,7354280**	0,20888558**	0,66287558**
Erro	138	0,0563091	0,01975456	0,03684918
MÉDIA (μ)		3,083961	0,637924	1,737720
CVe (%)		7,69	22,03	11,05
CVg (%)		18,90	48,21	32,20
$b = CVg/CVe$		2,46	2,19	2,91
h_a^2 (%)		85,78	82,72	89,47

CVe, coeficiente de variação ambiental; CVg, coeficiente de variação genético; índice b, CVg/CVe; e h_a^2 , herdabilidade no sentido amplo.^{ns}Não significativo. * e **Significativo a 5% e 1% de probabilidade, respectivamente, pelo teste de F. (dados expressos como log (x+1) em que x é o valor de número de ovos/g de raiz, fator de reprodução e índice de reprodução)

Tabela 2 Média do número de ovos por grama de raiz de *Meloidogyne enterolobii*⁽¹⁾ de 142 genótipos de batata-doce e a cultivar de tomate Santa Clara, utilizada como testemunha padrão de suscetibilidade. UFLA, Lavras, MG, 2010

GENÓTIPO	Nº de ovos/g raiz	GENÓTIPO	Nº de ovos/g raiz	GENÓTIPO	Nº de ovos/g raiz
2007HSF001-01	1669d ⁽²⁾	2007HSF010-12	2447d	2007HSF027-05	3095d
2007HSF001-09	912d	2007HSF010-17	2146d	2007HSF027-07	1235d
2007HSF001-16	1913d	2007HSF010-23	41a	2007HSF027-08	299c
2007HSF001-17	5158d	2007HSF010-25	38a	2007HSF027-09	3600d
2007HSF001-21	72a	2007HSF010-30	854d	2007HSF027-10	80b
2007HSF001-22	1607d	2007HSF010-31	6637d	2007HSF027-12	23a
2007HSF001-23	2311d	2007HSF010-33	2376d	2007HSF027-16	3387d
2007HSF001-24	2640d	2007HSF010-35	2297d	2007HSF028-05	1399d
2007HSF001-25	2167d	2007HSF010-37	2050d	2007HSF028-06	2014d
2007HSF001-26	1546d	2007HSF010-41	3198d	2007HSF028-08	3875d
2007HSF001-28	3344d	2007HSF010-47	216c	2007HSF028-11	2020d
2007HSF001-37	3313d	2007HSF011-01	2020d	2007HSF028-16	2724d
2007HSF001-40	2007d	2007HSF011-02	3579d	2007HSF029-01	3192d
2007HSF001-41	1605d	2007HSF011-05	1774d	2007HSF029-02	294c
2007HSF001-45	2905d	2007HSF011-06	2864d	2007HSF029-03	3159d
2007HSF001-47	1451d	2007HSF011-10	5734d	2007HSF029-09	1856d
2007HSF001-58	586d	2007HSF012-02	458c	2007HSF030-02	1349d
2007HSF002-02	196c	2007HSF013-03	2202d	2007HSF030-10	1805d
2007HSF002-04	2662d	2007HSF013-04	1637d	2007HSF031-04	1911d
2007HSF002-05	5074d	2007HSF014-04	3863d	2007HSF031-02	961d
2007HSF002-08	708d	2007HSF014-05	2007d	UFLA07-01	2293d
2007HSF002-11	3062d	2007HSF016-05	113b	UFLA07-02	2248d
2007HSF002-14	24a	2007HSF018-03	2751d	UFLA07-05	3486d
2007HSF002-19	2782d	2007HSF019-01	3213d	UFLA07-10	2750d
2007HSF004-03	318c	2007HSF020-05	2245d	UFLA07-11	3488d
2007HSF004-04	360c	2007HSF020-07	3583d	UFLA07-12	917d
2007HSF004-06	2457d	2007HSF020-08	62a	UFLA07-14	2104d
2007HSF004-08	39a	2007HSF020-12	1844d	UFLA07-31	1312d

Tabela 2, conclusão

GENÓTIPO	Nº de ovos/g raiz	GENÓTIPO	Nº de ovos/g raiz	GENÓTIPO	Nº de ovos/g raiz
2007HSF005-01	3092d	2007HSF021-01	1181d	UFLA07-43	2402d
2007HSF005-03	1706d	2007HSF022-02	2712d	UFLA07-49	146c
2007HSF005-06	2530d	2007HSF022-03	3808d	UFLA07-53	63a
2007HSF006-08	600d	2007HSF022-04	308c	AMANDA	1396d
2007HSF006-13	104b	2007HSF022-05	2665d	ANA CLARA	290c
2007HSF006-16	877d	2007HSF022-06	8959d	BARBARA	4785d
2007HSF006-17	2113d	2007HSF022-09	1243d	BEATRIZ	3141d
2007HSF007-04	2559d	2007HSF022-10	1903d	CAROLINA	1058d
2007HSF007-10	781d	2007HSF022-12	23a	DUDA	99b
2007HSF007-15	1032d	2007HSF022-16	77b	ITAJUBA	1747d
2007HSF007-16	849d	2007HSF022-19	2897d	IZABELA	5034d
2007HSF007-17	1298d	2007HSF023-08	177c	JULIA	988d
2007HSF007-18	2500d	2007HSF024-01	313c	LIVIA	45112d
2007HSF007-21	2736d	2007HSF024-02	1994d	MARCELA	2800d
2007HSF007-26	1605d	2007HSF024-04	3683d	BrazlândiaBranca	4083d
2007HSF007-27	1654d	2007HSF024-06	3317d	BrazlândiaRosada	3034d
2007HSF009-06	4243d	2007HSF025-04	3322d	BrazlândiaRoxa	4174d
2007HSF010-01	2608d	2007HSF026-01	78b	Palmas	3727d
2007HSF010-06	2617d	2007HSF026-02	9368d	Tomate cv. Santa	3388d
2007HSF010-08	2790d	2007HSF026-05	894d	Clara	

⁽¹⁾ Análise estatística referente ao número de ovos/grama de raiz com transformação dos dados para $\log(x+1)$, apresentados os dados originais. ⁽²⁾ Médias seguidas pela mesma letra pertencem ao mesmo grupo, pelo teste de Scott-Knott, a 5% de probabilidade de erro

Tabela 3 Média do fator de reprodução (FR) de *Meloidogyne enterolobii* nos 142 genótipos de batata-doce avaliados e na cultivar de tomate Santa Clara, e classificação desses genótipos quanto à resistência (R) e à suscetibilidade (S) ao nematoide. UFLA, Lavras, MG, 2010

GENÓTIPO	FR	Classe ⁽²⁾	GENÓTIPO	FR	Classe	GENÓTIPO	FR	Classe
2007HSF001-01	3,40c ⁽¹⁾	S	2007HSF010-12	2,18b	S	2007HSF027-05	7,47d	S
2007HSF001-09	3,13c	S	2007HSF010-17	4,70c	S	2007HSF027-07	1,55b	S
2007HSF001-16	5,62c	S	2007HSF010-23	0,10a	R	2007HSF027-08	0,77b	R
2007HSF001-17	9,75d	S	2007HSF010-25	0,06a	R	2007HSF027-09	8,91d	S
2007HSF001-21	0,04a	R	2007HSF010-30	2,00b	S	2007HSF027-10	0,16a	R
2007HSF001-22	4,93c	S	2007HSF010-31	8,04d	S	2007HSF027-12	0,04a	R
2007HSF001-23	6,77d	S	2007HSF010-33	3,48c	S	2007HSF027-16	6,60d	S
2007HSF001-24	4,97c	S	2007HSF010-35	5,03c	S	2007HSF028-05	2,60c	S
2007HSF001-25	5,63c	S	2007HSF010-37	4,00c	S	2007HSF028-06	2,15b	S
2007HSF001-26	5,26c	S	2007HSF010-41	6,91d	S	2007HSF028-08	4,77c	S
2007HSF001-28	6,21c	S	2007HSF010-47	0,20a	R	2007HSF028-11	5,12c	S
2007HSF001-37	8,86d	S	2007HSF011-01	4,59c	S	2007HSF028-16	6,07d	S
2007HSF001-40	4,16c	S	2007HSF011-02	8,97d	S	2007HSF029-01	5,91c	S
2007HSF001-41	3,19c	S	2007HSF011-05	5,95c	S	2007HSF029-02	0,66a	R
2007HSF001-45	5,59c	S	2007HSF011-06	7,54d	S	2007HSF029-03	7,57d	S
2007HSF001-47	4,10c	S	2007HSF011-10	10,67d	S	2007HSF029-09	6,46c	S
2007HSF001-58	1,09b	S	2007HSF012-02	0,86b	R	2007HSF030-02	3,94c	S
2007HSF002-02	0,23a	R	2007HSF013-03	5,15c	S	2007HSF030-10	4,83c	S
2007HSF002-04	7,10d	S	2007HSF013-04	6,38c	S	2007HSF031-04	4,48c	S
2007HSF002-05	9,46d	S	2007HSF014-04	9,86d	S	2007HSF031-02	2,57c	S
2007HSF002-08	0,96b	R	2007HSF014-05	8,39d	S	UFLA07-01	1,95b	S
2007HSF002-11	4,82c	S	2007HSF016-05	0,13a	R	UFLA07-02	2,74c	S
2007HSF002-14	0,05a	R	2007HSF018-03	5,73c	S	UFLA07-05	4,27c	S
2007HSF002-19	7,14d	S	2007HSF019-01	9,52d	S	UFLA07-10	5,68c	S
2007HSF004-03	0,48a	R	2007HSF020-05	6,22c	S	UFLA07-11	5,03c	S

Tabela 3, conclusão

GENÓTIPO	FR	Classe ⁽²⁾	GENÓTIPO	FR	Classe	GENÓTIPO	FR	Classe
2007HSF004-04	0,18a	R	2007HSF020-07	6,77d	S	UFLA07-12	2,33b	S
2007HSF004-06	4,08c	S	2007HSF020-08	0,11a	R	UFLA07-14	2,27b	S
2007HSF004-08	0,10a	R	2007HSF020-12	3,15c	S	UFLA07-31	2,58c	S
2007HSF005-01	10,99d	S	2007HSF021-01	2,65c	S	UFLA07-43	3,47c	S
2007HSF005-03	3,49c	S	2007HSF022-02	9,35d	S	UFLA07-49	0,24a	R
2007HSF005-06	4,61c	S	2007HSF022-03	7,10d	S	UFLA07-53	0,12a	R
2007HSF006-08	0,08a	R	2007HSF022-04	0,82b	R	AMANDA	3,12c	S
2007HSF006-13	0,19a	R	2007HSF022-05	5,76c	S	ANA CLARA	0,48a	R
2007HSF006-16	1,79b	S	2007HSF022-06	11,30d	S	BARBARA	7,48d	S
2007HSF006-17	3,02c	S	2007HSF022-09	4,04c	S	BEATRIZ	4,23c	S
2007HSF007-04	8,81d	S	2007HSF022-10	4,09c	S	CAROLINA	0,78b	R
2007HSF007-10	1,30b	S	2007HSF022-12	0,08a	R	DUDA	0,14a	R
2007HSF007-15	1,50b	S	2007HSF022-16	0,12a	R	ITAJUBA	5,76c	S
2007HSF007-16	1,56b	S	2007HSF022-19	6,92c	S	IZABELA	12,07d	S
2007HSF007-17	1,88b	S	2007HSF023-08	0,32a	R	JULIA	1,30b	S
2007HSF007-18	5,29c	S	2007HSF024-01	0,52a	R	LIVIA	31,24d	S
2007HSF007-21	5,49c	S	2007HSF024-02	5,63c	S	MARCELA	4,07c	S
2007HSF007-26	5,24c	S	2007HSF024-04	8,19d	S	BrazlândiaBranca	10,66d	S
2007HSF007-27	5,16c	S	2007HSF024-06	5,30c	S	BrazlândiaRosada	4,63c	S
2007HSF009-06	13,09d	S	2007HSF025-04	8,50d	S	BrazlândiaRoxa	7,00d	S
2007HSF010-01	8,39c	S	2007HSF026-01	0,12a	R	Palmas	9,19d	S
2007HSF010-06	8,95d	S	2007HSF026-02	14,43d	S	Tomate cv. Santa Clara	4,84c	S
2007HSF010-08	5,15c	S	2007HSF026-05	3,10c	S			

⁽¹⁾ Separação de médias, pelo teste de Scott-Knott, a 5% efetuada com base na transformação dos dados para $\log(x+1)$. Médias expressas com base nos dados não transformados

⁽²⁾ Classificação segundo Oostenbrink (1966)

Tabela 4 Média do índice de reprodução (IR) de *Meloidogyne enterolobii* e classificação, quanto à resistência, de 142 genótipos de batata-doce e a cultivar de tomate Santa Clara, utilizada como testemunha padrão de suscetibilidade. UFLA, Lavras, MG, 2010

GENÓTIPO	IR(%)	Classe ⁽²⁾	GENÓTIPO	IR(%)	Classe	GENÓTIPO	IR(%)	Classe
2007HSF001-	70,0d ⁽¹⁾	S	2007HSF010-12	45,1d	LR	2007HSF027-05	154,9e	S
2007HSF001-	64,3c	S	2007HSF010-17	97,4d	S	2007HSF027-07	32,0c	LR
2007HSF001-	117,0d	S	2007HSF010-23	2,2a	MR	2007HSF027-08	16,0b	MoR
2007HSF001-	199,4e	S	2007HSF010-25	1,2a	MR	2007HSF027-09	184,5e	S
2007HSF001-	0,8a	AR/I	2007HSF010-30	41,6c	LR	2007HSF027-10	3,4a	MR
2007HSF001-	102,5d	S	2007HSF010-31	166,9e	S	2007HSF027-12	0,8a	AR/I
2007HSF001-	140,0d	S	2007HSF010-33	71,5d	S	2007HSF027-16	136,3e	S
2007HSF001-	101,7d	S	2007HSF010-35	104,1e	S	2007HSF028-05	54,1d	S
2007HSF001-	115,9d	S	2007HSF010-37	82,4d	S	2007HSF028-06	44,4d	LR
2007HSF001-	109,0d	S	2007HSF010-41	143,0e	S	2007HSF028-08	98,0e	S
2007HSF001-	127,5e	S	2007HSF010-47	4,1b	MR	2007HSF028-11	105,8d	S
2007HSF001-	183,3e	S	2007HSF011-01	94,4d	S	2007HSF028-16	139,5e	S
2007HSF001-	85,2d	S	2007HSF011-02	186,6e	S	2007HSF029-01	122,3e	S
2007HSF001-	66,2d	S	2007HSF011-05	122,8d	S	2007HSF029-02	13,4b	MoR
2007HSF001-	116,2e	S	2007HSF011-06	156,1e	S	2007HSF029-03	156,5e	S
2007HSF001-	85,9d	S	2007HSF011-10	222,5e	S	2007HSF029-09	135,6d	S
2007HSF001-	22,6c	MoR	2007HSF012-02	17,8b	MoR	2007HSF030-02	80,6c	S
2007HSF002-	4,9b	MR	2007HSF013-03	107,3d	S	2007HSF030-10	100,8d	S
2007HSF002-	146,8e	S	2007HSF013-04	133,7d	S	2007HSF031-04	92,3d	S
2007HSF002-	195,2e	S	2007HSF014-04	205,8e	S	2007HSF031-02	53,7c	S
2007HSF002-	19,9c	MoR	2007HSF014-05	173,3d	S	UFLA07-01	40,5d	LR
2007HSF002-	99,0c	S	2007HSF016-05	2,7a	MR	UFLA07-02	56,9e	S
2007HSF002-	1,1a	MR	2007HSF018-03	119,9e	S	UFLA07-05	88,5e	S
2007HSF002-	149,1e	S	2007HSF019-01	198,3e	S	UFLA07-10	118,4e	S
2007HSF004-	9,8b	MR	2007HSF020-05	129,6e	S	UFLA07-11	103,0e	S
2007HSF004-	7,7b	MR	2007HSF020-07	140,4e	S	UFLA07-12	47,6c	LR
2007HSF004-	85,1e	S	2007HSF020-08	2,2a	MR	UFLA07-14	46,7d	LR
2007HSF004-	2,0a	MR	2007HSF020-12	64,7d	S	UFLA07-31	52,9c	S

Tabela 4, conclusão

GENÓTIPO	IR(%)	Classe ⁽²⁾	GENÓTIPO	IR(%)	Classe	GENÓTIPO	IR(%)	Classe
2007HSF005-01	227,5e	S	2007HSF021-01	54,6c	S	UFLA07-43	71,7e	S
2007HSF005-03	72,3d	S	2007HSF022-02	193,4e	S	UFLA07-49	5,0b	MR
2007HSF005-06	94,7d	S	2007HSF022-03	146,7e	S	UFLA07-53	2,5a	MR
2007HSF006-08	3,3a	MR	2007HSF022-04	16,9b	MoR	AMANDA	63,5c	S
2007HSF006-13	3,9a	MR	2007HSF022-05	119,4e	S	ANA CLARA	10,0b	MR
2007HSF006-16	37,1c	LR	2007HSF022-06	234,9f	S	BARBARA	155,6e	S
2007HSF006-17	62,4d	S	2007HSF022-09	83,7c	S	BEATRIZ	88,2e	S
2007HSF007-04	181,4e	S	2007HSF022-10	84,6d	S	CAROLINA	16,3c	MoR
2007HSF007-10	27,0c	LR	2007HSF022-12	1,6a	MR	DUDA	2,9a	MR
2007HSF007-15	42,9c	LR	2007HSF022-16	2,4a	MR	ITAJUBA	119,7d	S
2007HSF007-16	32,2c	LR	2007HSF022-19	144,6e	S	IZABELA	250,0e	S
2007HSF007-17	38,9c	LR	2007HSF023-08	6,7b	MR	JULIA	26,8c	LR
2007HSF007-18	109,8e	S	2007HSF024-01	10,8b	MR	LIVIA	645,6g	S
2007HSF007-21	113,2e	S	2007HSF024-02	116,5d	S	MARCELA	83,9e	S
2007HSF007-26	109,1d	S	2007HSF024-04	168,0e	S	BrazlândiaBranca	220,8e	S
2007HSF007-27	106,7d	S	2007HSF024-06	111,1e	S	BrazlândiaRosada	95,9e	S
2007HSF009-06	273,2e	S	2007HSF025-04	175,4e	S	BrazlândiaRoxa	144,8e	S
2007HSF010-01	176,1d	S	2007HSF026-01	2,4a	MR	Palmas	189,2e	S
2007HSF010-06	185,7e	S	2007HSF026-02	300,6f	S	Tomate cv. Santa Clara	100,0e	S
2007HSF010-08	107,3e	S	2007HSF026-05	64,4c	S			

⁽¹⁾ Separação de médias pelo teste de Scott-Knott, a 5%, efetuada com base na transformação dos dados para log (x+1). Médias expressas com base nos dados não transformados. ⁽²⁾ S - Cultura suscetível (reprodução normal), acima de 51% em relação ao tomateiro; LR - levemente resistente, de 26% a 50%; MoR - moderadamente resistente, de 11% a 25%; MR - muito resistente, de 1% a 10%; AR/I – altamente resistente/imune, abaixo de 1% (adaptado de Taylor, 1971)