

UNIVERSIDADE ESTADUAL PAULISTA “JÚLIO DE MESQUITA FILHO”
FACULDADE DE CIÊNCIAS AGRONÔMICAS
CAMPUS DE BOTUCATU

**BATATA-DOCE: RESISTÊNCIA A NEMATOIDES DE GALHAS E
CARACTERIZAÇÃO FÍSICO-QUÍMICA DE CLONES PROMISSORES EM
BETACAROTENO**

ADELANA MARIA FREITAS SANTOS

Tese apresentada à Faculdade de Ciências Agronômicas da UNESP - Campus de Botucatu, para obtenção do título de Doutora em Agronomia (Horticultura).

BOTUCATU-SP
Novembro-2015

UNIVERSIDADE ESTADUAL PAULISTA “JÚLIO DE MESQUITA FILHO”
FACULDADE DE CIÊNCIAS AGRONÔMICAS
CAMPUS DE BOTUCATU

**BATATA-DOCE: RESISTÊNCIA A NEMATOIDES DE GALHAS E
CARACTERIZAÇÃO FÍSICO-QUÍMICA DE CLONES PROMISSORES EM
BETACAROTENO**

ADELANA MARIA FREITAS SANTOS

Orientadora: Prof.^a Dr.^a. Romy Goto

Coorientador: Prof. Dr. Roberto Lyra Villas Bôas

Coorientadora: Prof.^a Dr.^a. Silvia Renata Siciliano Wilcken

Tese apresentada à Faculdade de Ciências
Agronômicas da UNESP - Campus de
Botucatu, para obtenção do título de Doutora
em Agronomia (Horticultura).

BOTUCATU-SP
Novembro-2015

FICHA CATALOGRÁFICA ELABORADA PELA SEÇÃO TÉCNICA DE AQUISIÇÃO E TRATAMENTO DA INFORMAÇÃO - DIRETORIA TÉCNICA DE BIBLIOTECA E DOCUMENTAÇÃO - UNESP - FCA - LAGEADO - BOTUCATU (SP)

S237b Santos, Adelana Maria Freitas, 1974-
Batata-doce: resistência a nematoides de galhas e caracterização físico-química de clones promissores em betacaroteno / Adelana Maria Freitas Santos. - Botucatu : [s.n.], 2015
xi, 76 f. : fots. color., ils. color., tabs.

Tese (Doutorado) - Universidade Estadual Paulista, Faculdade de Ciências Agrônômicas, Botucatu, 2015
Orientador: Romy Goto
Coorientador: Roberto Lyra Villas Bôas; Silvia Renata Siciliano Wilcken
Inclui bibliografia

1. Batata-doce - Doenças e pragas. 2. Batata-doce - Qualidade. 3. Raízes amiláceas. 4. Nematoides entomopatogênicos. I. Goto, Romy. II. Villas Bôas, Roberto Lyra. III. Wilcken, Silvia Renata Siciliano. IV. Universidade Estadual Paulista "Júlio de Mesquita Filho" (Câmpus de Botucatu). Faculdade de Ciências Agrônômicas. V. Título.

CERTIFICADO DE APROVAÇÃO

**TÍTULO: BATATA-DOCE: RESISTÊNCIA A NEMATÓIDES DE GALHAS E
CARACTERIZAÇÃO FÍSICO-QUÍMICA DE CLONES
PROMISSORES EM BETACAROTENO**

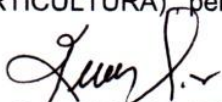
AUTORA: ADELANA MARIA FREITAS SANTOS

ORIENTADORA: Profa. Dra. RUMY GOTO

CO-ORIENTADORA: Profa. Dra. SILVIA RENATA SICILIANO WILCKEN

CO-ORIENTADOR: Prof. Dr. ROBERTO LYRA VILLAS BOAS

Aprovada como parte das exigências para obtenção do Título de DOUTOR EM AGRONOMIA (HORTICULTURA), pela Comissão Examinadora:



Profa. Dra. RUMY GOTO

Departamento de Horticultura - Faculdade de Ciências Agrônômicas



Profa. Dra. GIUSEPPINA PACE PEREIRA LIMA

Departamento de Química e Bioquímica / Instituto de Biociências de Botucatu



Prof. Dr. ADALTON MAZETTI FERNANDES

Cerat / Unesp - Universidade Estadual Paulista "Julio Mesquita Filho"



Profa. Dra. SONIA MARIA NALESSO MARANGONI MONTES

Agência Paulista de Tecnologia dos Agronegócios - APTA - Pres. Prudente/SP



Profa. Dra. REGINA MARTA EVANGELISTA

Dep de Horticultura / Faculdade de Ciências Agrônômicas de Botucatu

Data da realização: 30 de novembro de 2015.

DEDICO

Aos meus pais, Raimundo Reginaldo Soares Santos e Adélia Maria Freitas Santos;

À minha tia e madrinha, Maria de Lourdes Reis;

Aos meus afilhados, Mariana Reis da Luz e Tácio Mendes Santos;

À minha amiga Silvia Nogueira Castro (in memoriam);

A todos os agricultores.

“...Depois de algum tempo, você aprende que o tempo não é algo que possa voltar para trás. Portanto, plante seu jardim e decore sua alma, ao invés de esperar que alguém lhe traga flores. E você aprende que realmente pode suportar, que realmente é forte, e que pode ir muito mais longe depois de pensar que não podia mais. E que realmente a vida tem valor e que você tem valor diante da vida. Nossas dúvidas são traidoras e nos fazem perder o bem que poderíamos conquistar, se não fosse o medo de tentar”.

(William Shakespeare)

AGRADECIMENTOS

À Universidade Estadual Paulista “Júlio de Mesquita Filho” pela contribuição à minha formação profissional;

À orientadora Prof^ª. Dr^ª. Romy Goto, *meu ídolo*, obrigada pela oportunidade, direcionamentos, bons momentos e boas conversas;

À Agência Estadual de Pesquisa Agropecuária e Extensão Rural do Maranhão (AGERP) e à Agência Paulista de Tecnologia dos Agronegócios (APTA) pelos clones de batata-doce cedidos para a realização dos trabalhos;

À Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior - CAPES pela bolsa concedida durante o curso e por fomentar o privilégio de dedicação exclusiva à minha qualificação profissional;

Aos técnicos agropecuários da Fazenda de Ensino e Pesquisa de São Manuel por realizarem o trabalho árduo e pesado de campo, instalando os experimentos, realizando as vistorias diárias, as colheitas, as irrigações e as avaliações pós-colheita. Obrigada pela dedicação e pela agradável companhia, sem vocês não seria possível dar continuidade aos trabalhos;

Aos coorientadores Prof. Dr. Roberto Lyra Villas Bôas e Prof^ª. Dr^ª. Silvia Renata Siciliano Wilcken pelo apoio na realização dos trabalhos;

Ao Prof. Dr. Rogério Vieites e à Prof^ª. Dra. Regina Marta Evangelista pela disponibilização do Laboratório de Pós-colheita e pela ajuda na discussão das análises;

Às funcionárias da secretaria de Pós-Graduação Edna Prado, Jaqueline Gonçalves, Kátia Duarte, Sandra Neves e Taynan da Silva por todo profissionalismo, presteza e educação.

Aos funcionários da biblioteca do Lageado, Airton Fioravante, Célia Inoue, Joel di Creddo, Nilson Camargo, Solange Spadim e Valdemir Domingues por todo acolhimento e apoio, em especial a Ana Lúcia Kempinas por toda presteza na formatação da tese. A vocês, minha eterna gratidão, respeito e carinho;

A Laís Fernanda e Sâmara Azevedo, que não pouparam esforços para me auxiliar na pesquisa com os nematoides de galhas. A vocês, minha gratidão, respeito e amizade;

A Juliana Ramos e Karine Furlaneto pela colaboração nas análises bioquímicas e pela agradável companhia;

Aos técnicos de laboratório Edson Rosa (Negão) e Márcia Garcia por me ajudarem nas análises de açúcar e amido;

A José Francisco Neto, meu amado amigo, a você minha eterna amizade;

A Mariana dos Reis da Luz pelos desenhos das raízes tuberosas para compor a apresentação da defesa;

Aos *hermanos* Edvar Silva, Ewerton Gasparetto, Falkner Santana, Felipe Baldini e Miguel Sandri pelo convívio diário e alegria constante;

Aos professores, funcionários e colegas da Pós-Graduação da Faculdade de Ciências Agrônômicas – FCA pelos ensinamentos, colaboração e momentos de descontração durante esse período de tantos desafios pessoais e profissionais;

Aos meus amigos maranhenses Alessandra Araújo, Ana Fabíola Linhares, Dorival Araújo, Fabíola Medeiros, Fernanda Tércia, Jonas Albuquerque, Marcelo Lemos e Oscar Mendes por todo apoio e amizade;

Ao povo brasileiro que, através do pagamento de seus impostos, financiou meus estudos, em especial àqueles que creem que a educação é a melhor forma de combater a desigualdade social no país.

SUMÁRIO

LISTA DE TABELAS	IX
LISTA DE FIGURAS	XI
1 RESUMO	1
2 ABSTRACT	3
3 INTRODUÇÃO	5
4 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA	7
4.1 Batata-doce, da origem à dispersão	7
4.2 Características botânicas da batata-doce	8
4.3 Importância econômica	11
4.5 Consumo e utilização da batata-doce	12
4.4 Diversidade genética	14
4.4 Doenças da batata-doce	15
4.4.1 <i>Meloidogyne</i> spp.	15
4.4.2 Aspectos biológicos do gênero <i>Meloidogyne</i>	16
4.4.3 <i>Meloidogyne incognita</i>, <i>Meloidogyne enterolobii</i> e <i>Meloidogyne javanica</i>	18
4.4.4 Sintomas dos nematoides de galhas	19
4.4.5 Resistência genética	20
4.6 Colheita e qualidade pós-colheita das raízes de batata-doce	21
4.6.1 Métodos físicos, físico-químicos e bioquímicos para análise da batata-doce	22
5 MATERIAL E MÉTODOS	28
5.1 Experimento I: Resistência de clones de batata-doce (<i>Ipomoea batatas</i> (L). Lam.) a <i>Meloidogyne enterolobii</i>, <i>Meloidogyne incognita</i> e <i>Meloidogyne javanica</i> em duas estações	28
5.1.1 Local do Experimento	28
5.1.2 Delineamento Experimental	28
5.1.3 Origem dos inóculos	29
5.1.4 Multiplicação, extração e inoculação	29
5.1.5 Processamento e extração de ovos nas raízes de batata-doce	29
5.1.6 Avaliações	30
5.2.1 Caracterização da área	32
5.2.2 Obtenção dos clones de batata-doce	33

5.2.3 Época dos Cultivos	33
5.2.4 Coleta de Solo e Análise Química do Solo	34
5.2.5 Preparo da área, adubação e levantamento das leiras	34
5.2.6 Delineamento experimental	35
5.2.7 Plantio e manejo	35
5.2.8 Controle fitossanitário	36
5.2.9 Colheita	37
5.2.11 Avaliação pós-colheita	38
5.2.11.1 Avaliações físicas das raízes tuberosas	38
5.2.11.2 Avaliações físico-químicas das raízes tuberosas	38
6 RESULTADOS E DISCUSSÃO	46
6.1 Experimento I	46
6.2 Experimento II	50
7 CONSIDERAÇÕES FINAIS	63
8 CONCLUSÃO	66
9 REFERÊNCIAS	67

LISTA DE TABELAS

- Tabela 1. Médias das temperaturas média (TMED), mínima (TMIN) e máxima (TMAX), Umidade Relativa média (URMED), mínima (URMIN) e máxima (URMAX), Radiação Global (RG), Radiação fotossinteticamente ativa (PAR) e Precipitação Pluviométrica (PP) do município de São Manuel (SP), de setembro de 2013 a fevereiro de 2014..... 32
- Tabela 2. Médias das temperaturas média (TMED), mínima (TMIN) e máxima (TMAX), Umidade Relativa média (URMED), mínima (URMIN) e máxima (URMAX), Radiação Global (RG), Radiação fotossinteticamente ativa (PAR) e Precipitação Pluviométrica (PP) do município de São Manuel (SP), de janeiro a maio de 2014..... 33
- Tabela 3. Resultados da análise química de solo da área experimental, São Manuel (SP), 2013 - 2014..... 34
- Tabela 4. Fator de Reprodução (FR) e Reação de Acessos (RA) de clones de batata-doce aos nematoides de galha *Meloidogyne enterolobii*. Departamento de Proteção de Plantas, 2013 - 2014..... 47
- Tabela 5. Fator de Reprodução (FR) e Reação de Acessos (RA) de clones de batata-doce aos nematoides de galha *Meloidogyne incognita* (raça 2). Departamento de Proteção de Plantas, 2013 - 2014..... 48
- Tabela 6. Fator de Reprodução (FR) e Reação de Acessos (RA) de clones de batata-doce aos nematoides de galha *Meloidogyne javanica*. Departamento de Proteção de Plantas, 2014 - 2015..... 49
- Tabela 7. Produtividade total (PT), produtividade comercial (PC) e refugo (RF) de clones de batata-doce, cultivados em duas épocas de plantio, São Manuel (SP), 2014..... 50
- Tabela 8. Resultados médios de comprimento (cm), diâmetro (cm) e massa fresca (g) de clones de batata-doce, cultivados em duas épocas de plantio, São Manuel (SP), 2014..... 53
- Tabela 9. Valores médios de pH, AT, SS, açúcar total, açúcar redutor, sacarose e amido nas raízes tuberosas de batata-doce. Laboratório de Frutos e Hortaliças. Faculdade de Ciências Agronômicas (FCA), 2014..... 53

- Tabela 10. Valores médios de matéria graxa, proteína total, fibra, umidade e cinzas nas raízes tuberosas de batata-doce. Laboratório de Frutos e Hortaliças. Faculdade de Ciências Agronômicas (FCA), 2014..... 56
- Tabela 11. Valores médios de antioxidantes (DPPH), compostos fenólicos e antocianinas de raízes tuberosas de batata-doce. Laboratório de Frutos e Hortaliças. Faculdade de Ciências Agronômicas (FCA), 2014..... 58
- Tabela 12. Valores médios para cor da casca, cor da polpa, carotenoides totais e betacaroteno de raízes tuberosas de batata-doce. Laboratório de Cromatografia Líquida. Embrapa Agroindústria de Alimentos, 2015..... 60

LISTA DE FIGURAS

Figura 1. Formas de crescimento das raízes tuberosas.....	09
Figura 2. Ciclo de vida dos nematoides de galhas. (a) Secção longitudinal da extremidade da raiz mostrando juvenis de segundo estágio (J2). (b) Sintomas típicos de galhas em raízes de tomate. (c) Secção longitudinal de uma raiz infestada mostrando a fêmea madura e cinco células gigantes (extraído de CASTAGNONE SERENO et al., 2013).....	17
Figura 3. Início das avaliações aos 60 (verão) e 90 (inverno) dias (A); Lavagem das raízes tuberosas e secundárias (B); raízes sendo coloridas com floxina B (C); raízes tuberosas e secundárias sendo cortadas e trituradas no liquidificador (D; E); conteúdo do liquidificador sendo lavadas em água corrente (F); recolhidos em potes plásticos e adicionado 1 g de caulim para homogeneização (G); centrifugados a 1800 rpm (H) e contagem do número total de ovos em microscópio estereoscópico (I).....	31
Figura 4. Adubação de cobertura no cultivo da primavera. São Manoel/SP. 2013 – 2014.....	35
Figura 5: Folhas de batata-doce coletadas no cultivo de verão com sintomas de <i>Colletotrichum gloeosporioides</i> . São Manoel/SP. 2013 – 2014.....	36
Figura 6. Colheita das raízes tuberosas no cultivo do Verão. São Manoel/SP. 2013 – 2014.....	37
Figura 7. Raízes tuberosas de cor de polpa alaranjada e branca (A); Avaliações físico-químicas das raízes tuberosas de batata-doce: descascando as raízes (B), processando (C), acondicionando em potes plásticos (D); Leitura do pH (E) e Leitura da acidez titulável (F).....	44
Figura 8. Diagrama de Cromaticidade a*, b*.....	45
Figura 9. Diagrama de Cromaticidade e Luminosidade.....	46

1 RESUMO

Foram avaliados oito clones de batata-doce quanto à resistência aos nematoides formadores de galhas, produtividade e características físicas e físico-químicas. O primeiro experimento foi realizado em casa de vegetação com delineamento experimental de blocos casualizados em fatorial 9 x 2, com oito clones (BRS Amélia, Beauregard, CNPH 1298, CNPH 1358 e CNPH 1365 de polpas alaranjadas; Canadense, Uruguaiana e CNPH 1195 de polpas brancas), uma testemunha (tomate 'Rutgers') e duas épocas de plantio (verão e inverno) para três populações de nematoides de galhas: *Meloidogyne enterolobii*, *Meloidogyne incognita* e *Meloidogyne javanica*. Foram avaliados o fator de reprodução (FR) e a reação dos acessos (RA). O segundo experimento foi conduzido em campo com delineamento experimental de blocos ao acaso em fatorial 8 x 2, com oito clones e duas estações (primavera e verão). Foram avaliados: produtividade total ($t\ ha^{-1}$), produtividade comercial ($t\ ha^{-1}$), refugo ($t\ ha^{-1}$), comprimento (cm), diâmetro (cm), massa (g), cor da película e cor da polpa. Para as avaliações químicas e bioquímicas foram utilizadas as amostras de batata-doce apenas do cultivo do verão, onde foram avaliados: pH, AT (%), SS (°Brix), *ratio*, açúcar total (%), açúcar redutor (%), sacarose (%), amido (%), matéria graxa (%), proteína total (%), fibra (%), umidade (%), cinzas (%), antioxidante total (%), compostos fenólicos (mg de ácido gálico. $100g^{-1}$), antocianinas (mg. $100g^{-1}$), carotenoides totais (mg. $100g^{-1}$) e betacaroteno (mg. $100g^{-1}$). No primeiro experimento, os clones CNPH 1298, CNPH 1358 e CNPH 1365 de cor de polpa alaranjada e os clones CNPH 1195, Canadense e Uruguaiana de cor de polpa branca foram resistentes a *M. enterolobii* e a *M. incognita* nas duas estações. O clone BRS Amélia foi

resistente somente a *M. enterolobii*, e de forma semelhante, o clone Beauregard foi resistente apenas a *M. incognita* em ambas as estações. Para *M. javanica*, apenas os clones de polpa alaranjada (BRS Amélia, Beauregard, CNPH 1195, CNPH 1298, CNPH 1358 e CNPH 1365) foram resistentes. No segundo experimento para as características de produtividade, os clones Canadense e Uruguaiana (cor de polpa branca) e CNPH 1298 (cor de polpa alaranjada intensa) apresentaram os maiores valores para produtividade total, comercial e refugo na primavera e no verão. As menores perdas em campo foram com as cultivares Beauregard e BRS Amélia, que também apresentaram as raízes tuberosas mais uniformes. Quanto às características físico-químicas, todos os clones apresentaram pH próximo à neutralidade e menor acidez, o que lhes conferiu um sabor agradável; para os valores de comprimento, diâmetro e massa, todos os clones foram considerados ideais para comercialização. O clone BRS Amélia de cor de polpa alaranjada apresentou o menor teor de umidade, o maior rendimento de amido e foi um dos materiais mais doces, assim como o CNPH 1358. Os clones Beauregard, CNPH 1298, CNPH 1358 e CNPH 1365 de polpa alaranjada apresentaram os maiores teores de proteína bruta, fibra bruta e cinzas, enquanto os clones Canadense e o CNPH 1195 de cor de polpa branca proporcionaram os maiores teores de fibra bruta. O clone CNPH 1298 apresentou o maior teor de antioxidantes totais e de antocianinas, e o clone CNPH 1365 apresentou a maior concentração de compostos fenólicos. Os clones CNPH 1298 e 1365 apresentaram as cores de polpa mais alaranjadas correspondendo às maiores concentrações de carotenoides e betacaroteno, sendo assim os clones mais ricos nutricionalmente em provitamina A.

Palavras-chave: *Ipomoea batatas*, qualidade de raízes, nematoides de galhas, cor da polpa e qualidade nutricional.

RESISTANCE TO ROOT-KNOT NEMATODES, PRODUCTIVITY, PHYSICAL QUALITY AND PHYSICOCHEMICAL CHARACTERIZATION OF SWEET POTATO CLONES (*IPOMOEA BATATAS* (L.) LAM.) PROMISING IN BETACAROTENE

Botucatu, 2015. Number of sheets: ...76f. Dissertation (Master in Agronomy/Horticulture) – Faculty of Agricultural Sciences, “Júlio de Mesquita Filho” State University.

Author: ADELANA MARIA FREITAS SANTOS

Adviser: RUMY GOTO

2 ABSTRACT

Eight sweet potato clones were evaluated regarding the resistance to root-knot nematodes, productivity and physical and physicochemical characteristics. The first experiment was made in greenhouse with experimental design of randomized blocks in 9 x 2 factorial, with eight clones (orange-fleshed BRS Amélia, Beauregard, CNPH 1298, CNPH 1358 and CNPH 1365; white-fleshed Canadense, Uruguaiiana and CNPH 1195, one control (‘Rutgers’ tomato) and two growing seasons (summer and winter) for three root-knot nematode populations: *Meloidogyne enterolobii*, *Meloidogyne incognita* and *Meloidogyne javanica*. The reproduction factor (FR) and the accessions reaction (RA) were evaluated. The second experiment was carried out in field with experimental design of randomized blocks in 8 x 2 factorial, with eight clones and two seasons (spring and summer). Total yield (t ha⁻¹), commercial yield (t ha⁻¹), non-commercial yield (t ha⁻¹), length (cm), diameter (cm), mass (g), pH, TA (%), SS (°Brix), *ratio*, total sugar (%), reducing sugar (%), saccharose (%), starch (%), lipids (%), total protein (%), fiber (%), moisture (%), ash (%), total antioxidant (%), phenolic compounds (mg of gallic acid.100g⁻¹), anthocyanins (mg.100g⁻¹), skin color, flesh color, total carotenoids (mg.100g⁻¹) and betacarotene (mg.100g⁻¹). In the first experiment, the orange-

fleshed clones CNPH 1298, CNPH 1358 and CNPH 1365 and the white-fleshed clones CNPH 1195, Canadense and Uruguaiana were resistant to *M. enterolobii* and *M. incognita* in both seasons. The clone BRS Amélia was only resistant to *M. enterolobii* and, in a similar way, the clone Beauregard was only resistant to *M. incognita* in both seasons. Concerning the *M. javanica*, only the orange-fleshed clones (BRS Amélia, Beauregard, CNPH 1195, CNPH 1298, CNPH 1358 and CNPH 1365) showed resistance. In the second experiment on the yield characteristics, the clones Canadense and Uruguaiana (white-fleshed) and the CNPH 1298 (deep red-fleshed) presented the highest values for total yield, commercial yield and non-commercial yield in the spring and in the summer, respectively. The cultivars Beauregard and BRS Amélia presented the smallest losses and also the most uniform tuberous roots. Concerning the physicochemical characteristics, all the clones presented a pH near neutral and lower acidity, which gave them a pleasant taste; concerning length, diameter and mass values, all the clones were considered ideal for consumption. The orange-fleshed clone BRS Amélia presented the lowest moisture content and the highest starch yield. It was also one of the sweetest materials, together with the clone CNPH 1358. The orange-fleshed clones Beauregard, CNPH 1298, CNPH 1358 and CNPH 1365 presented the highest contents of raw protein, raw fiber and ash, while the white-fleshed clones Canadense and CNPH 1195 provided the highest contents of raw fiber. The clone CNPH 1298 presented the highest content of total antioxidants and anthocyanins, and the clone CNPH 1365, the highest concentration of phenolic compounds. The clones CNPH 1298 and 1365 presented the most orange flesh, as a result of the highest concentrations of carotenoids and betacarotene. Consequently, they were the most promising clones in provitamin A.

Keywords: *Ipomoea batatas*, quality of roots, root-knot nematode, flesh color and nutritional quality.

3 INTRODUÇÃO

A batata-doce [*Ipomoea batatas* (L.) Lam.] é a única espécie da família *Convolvulaceae* cultivada para fins alimentícios, sendo uma das plantas alimentares mais antigas do Brasil. Na agricultura destaca-se quando comparada a outras amiláceas por ser mais rústica ao manejo, aos diferentes estresses abióticos e por apresentar um custo de produção relativamente baixo em relação à sua rentabilidade (EDSON et al., 2009).

É uma raiz tuberosa bem versátil quanto ao uso, podendo ser utilizada na alimentação humana e animal e/ou como matéria-prima na indústria de alimentos, na produção de papel, de cosméticos, de etanol bicomcombustível, entre outros (SOUZA, 2006).

É a quarta hortaliça mais consumida pela população brasileira, e apesar do seu alto potencial produtivo, superior a 25 t ha^{-1} , sua produtividade média ainda é baixa (13 t ha^{-1}) (MIRANDA, 2012; IBGE, 2013), o que pode ser atribuído à ocorrência de doenças, à ausência de cultivares selecionadas para as condições locais de cada região, à ausência de tecnologia ou tecnologia de produção inadequada e à ausência de acompanhamento técnico em campo.

Dentre os problemas sanitários que afetam a produção da batata-doce, os nematoides formadores de galhas do gênero *Meloidogyne* Goeldi (1887) são os mais importantes por determinarem as baixas produtividades da cultura, geralmente causadas pelas grandes rachaduras longitudinais nas raízes tuberosas. As principais espécies de nematoides que afetam a cultura são *M. incognita*, *M. javanica* e *M. enterolobii*. Portanto, a identificação de genótipos resistentes a diferentes espécies de nematoides é de suma importância para o lançamento de novas cultivares, com a vantagem de não exigir conhecimentos específicos por parte dos produtores quanto ao seu uso, além de ser ambientalmente sustentável e altamente efetiva na redução da população de nematoides juntamente com outras práticas de manejo (MARCHESE et al., 2010; MASSAROTO et al., 2010; OKA, 2010).

Como alimento, as raízes tuberosas constituem uma excelente fonte de nutrientes, especialmente de energia, devido à concentração de carboidratos, sais minerais, vitaminas A, C e do complexo B e metionina, participando no suprimento de calorías, vitaminas e minerais na alimentação humana. A batata-doce de cor de polpa alaranjada é excelente fonte de betacaroteno, o qual é convertido pelo organismo em retinol, uma forma ativa da vitamina A que desempenha um papel crucial na promoção da saúde visual humana (MIRANDA et al., 1989; KAO et al., 2014). Nos dias atuais o interesse em alimentos ricos em carotenoides vem aumentando, não só por serem precursores da vitamina A, mas também por serem agentes promissores na prevenção de câncer e inibidores de úlcera, doenças oculares e ataques cardíacos (CHANDLER e SCHWARTZ, 1988; CRAFT e SOARES, 1992; KRINSKY e JOHNSON, 2005).

O objetivo do trabalho foi identificar clones e/ou cultivares de batata-doce resistente ao gênero *Meloidogyne*, com alto potencial produtivo, boas qualidades físicas e ricas em vitamina A, para que possam ser indicadas ao plantio e consequentemente ao consumo, aos produtores e consumidores.

4 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

4.1 Batata-doce, da origem à dispersão

A batata-doce pertence à família botânica Convolvulaceae, tribo Ipomoeae, gênero *Ipomoea*, subgênero *Quamoclit*, espécie *Ipomoea batatas* (L.) Lam., sendo o único membro da família hexaploide com número de cromossomos $x = 15$ ($2n = 6x = 90$) (HUAMÁN, 1992). Dentre os 45 gêneros e 1.000 espécies da família Convolvulaceae, apenas *Ipomoea batatas* tem importância econômica como alimento (SENANAYAKE et al., 2013).

Num primeiro momento, Linnaeus (1753) a descreveu como *Convolvulus batatas*; em 1971, foi descrita por Lamark como *Ipomoea batatas*, sendo a única espécie cultivada para fins alimentícios (RITSCHER et al., 1999; CARDOSO et al., 2007). A batata-doce é cultivada em todo o mundo, principalmente em regiões de clima tropical e subtropical, e segundo Rossel et al. (2000), este gênero teve ampla dispersão mundial, ocorrendo sua evolução em diferentes locais e, conseqüentemente, originando diferentes espécies.

Díaz et al. (1992) relatam que a batata-doce foi domesticada e cultivada antes da descoberta das Américas, coincidindo com os primórdios do desenvolvimento da agricultura, espalhando-se por todo o continente americano através de rotas de migração humana, comprovadas por estudos de linguística. Rossel et al. (2000) também relatam que a planta foi domesticada na América Central a partir de uma

expedição realizada por Colombo em 1492, na qual ele ofereceu a batata-doce como iguaria, levando-a para a Europa, África, Índia, Sudeste de Ásia e Índias Orientais.

Rossel et al. (2000) relatam que a espécie *I. batatas* teve origem numa região entre a Península de Yucatán no México e o Rio Orinoco na Venezuela, o que foi constatado através da análise de variação morfológica dos materiais encontrados. Já Silva et al. (2004) relatam sua origem através de escritos arqueológicos encontrados na região ocupada pelos maias na América Central, há mais de dez mil anos. Enquanto, Haung et al. (2000) confirmam que a América Central é considerada o centro primário de diversidade, evidenciado pela grande variedade de batatas nativas e de espécies silvestres de *Ipomoea* identificadas em laboratório por marcadores moleculares. E Lebot (2009) relata que sua origem foi confirmada através de amostras ancestrais encontradas nas cavernas do Vale de Chilca Canyon, no Peru, e que através do método de radio carbono foi constatada sua existência há mais de oito mil anos.

Borges et al. (2009) citam que o gênero *Ipomoea* abrange um total de 600 a 700 espécies, sendo que 500 espécies encontram-se nas Américas, principalmente as nativas. Dentre estas, Nishiyama (1971) definiu quatro espécies americanas de batata-doce: *I. batatas*, *I. trifida*, *I. littoralis* e *I. leucanta*. Shekhar et al. (2015) relataram que a partir da variabilidade de cores de polpa, a batata-doce foi definida em dois grupos de origem, as de coloração de polpa entre branco e creme, oriundas do Pacífico, e as de cor de polpa variando do amarelo ao alaranjado, oriundas dos Estados Unidos.

Díaz et al. (1992) e Zhang (2000) citam que o centro primário da batata-doce são a Colômbia, o Equador e o norte do Peru; e o centro secundário seriam o México, a Guatemala e o sul do Peru. Já para Borges et al. (2009), o Brasil é o centro secundário de diversidade dessa espécie.

4.2 Características botânicas da batata-doce

A planta da batata-doce possui caule herbáceo de hábito prostrado, com ramificações de tamanho, cor e pilosidade variáveis; folhas com formato, recortes e cores variáveis; pecíolo curto ou longo; flores hermafroditas, mas de fecundação cruzada, devido à sua autoincompatibilidade esporofítica; frutos do tipo cápsula deiscente com sementes de cor castanho-clara a preta, medindo 6 mm de diâmetro. Da fertilização da flor à deiscência do fruto transcorrem seis semanas (RITSCHER et al., 1999).

O sistema radicular da batata-doce apresenta dois tipos de raízes: as tuberosas, também conhecidas como reserva, já que os nutrientes acumulam-se dentro da raiz e constituem-se como a parte comercial; e as raízes absorventes, responsáveis pela absorção da água e dos nutrientes em solo. Ambas se desenvolvem nos primeiros 10 cm do solo, e a diferenciação entre elas encontra-se na origem, sendo que a raiz tuberosa se origina dos nós pela atividade do câmbio primário, enquanto as raízes absorventes se formam dos nós e entrenós a partir do meristema cambial (WOLFE, 1992; SILVA et al., 2004). Outra forma de diferenciação entre as duas raízes é que a batata-doce é denominada de raiz tuberosa pelo acúmulo de reserva, o que não ocorre pelas raízes absorventes. E as raízes (tuberosas ou não) possuem estrutura de vasos e ponto de crescimento terminal, chamado de coifa, enquanto o tubérculo não possui a extremidade radicular (coifa).

As raízes de armazenamento se formam de três maneiras: 1) sem haste: crescem de forma agrupada; 2) haste curta: crescem em agrupamentos próximos e 3) haste longa: crescem mais abertas. A quantidade de batatas é definida pelo número de nós enraizados, e este, por sua vez, pelo número de raízes que desenvolvem raízes tuberosas na maturidade (Figura 1). Geralmente uma planta produz de 4 a 7 raízes pelo engrossamento da raiz adventícia. E somente após a colheita, quando as raízes são retiradas da “planta-mãe”, é que se inicia a mudança na região vascular, surgindo as gemas a partir dos tecidos meristemáticos. Portanto, se no processo de multiplicação forem empregadas raízes tuberosas, é importante que estas sejam armazenadas num ambiente ventilado e fresco por alguns dias, antes de serem utilizadas para o plantio (GOES et al., 2000; SENANAYAKE et al., 2013).

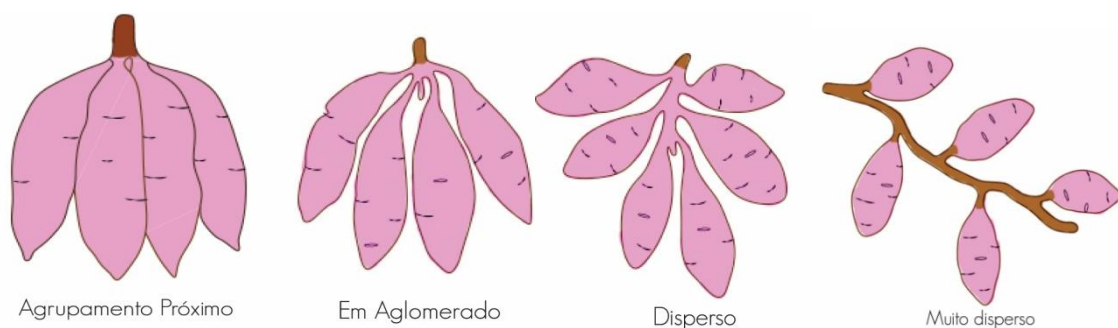


Figura 1: Formas de crescimento das raízes tuberosas.

O crescimento da planta de batata-doce pode ser dividido em três fases fisiológicas: 1) a primeira fase (50 a 60 dias), quando ocorre um pequeno desenvolvimento vegetativo e radical (raízes absorventes e de armazenamento); 2) a segunda fase (60 a 90/105 dias), quando ocorre um grande desenvolvimento vegetativo e radical (tuberização) e a 3) a terceira fase (90/105 dias a 120/180 dias), na qual ocorre o processo de tuberização com grande produção e deposição de matéria seca nas raízes. Essas fases variam de acordo com as cultivares, tratos culturais e condições climáticas. Portanto, a determinação da época de colheita tem grande influência na produção vegetativa, na qualidade, na produtividade de raízes e na produção de fitomassa, sendo que o seu manejo permite que o produtor possa se programar e adequar a oferta das raízes à demanda do mercado consumidor. Outro fator importante na fase de desenvolvimento das plantas é que o excesso de umidade ou de nitrogênio provoca grande desenvolvimento vegetativo e pouca produção de raízes tuberosas, assim como a aeração deficiente prejudica a tuberização das raízes (MOREIRA et al., 2004).

As raízes da batata-doce podem apresentar formato redondo, oblongo, fusiforme ou alongado, e dependendo dos fatores genéticos e das condições do solo (compactado e/ou com presença de pedras), as raízes tuberosas podem apresentar em sua epiderme veias e dobras ou podem ser lisas ou rugosas, o que justifica a recomendação do cultivo da batata-doce em solos arenosos (RITSCHER et al., 1999).

A epiderme da raiz é composta por finas camadas de células, onde estão presentes estomas e pelos. Sob a epiderme está o córtex do caule, e quando este é cortado, o látex branco exsuda rapidamente. As raízes tuberosas são revestidas por: pele (poucas camadas de células), casca (aproximadamente 2 mm) e polpa. A pele destaca-se facilmente da casca, mas nem sempre é nítida a diferença entre a casca e a polpa, o que vai depender da variedade, do estágio vegetativo e do tempo de armazenamento. Existe uma grande variabilidade de cores tanto para pele quanto para polpa (alaranjada, vermelha, vermelho-arroxeadada, roxa, salmão, amarela, creme e branca), que podem ser influenciadas pelas condições do ambiente onde as plantas crescem (RITSCHER et al., 1999; SILVA et al., 2008). A escolha dos materiais vai depender da tradição local de comercialização de cada região (HUAMÁN, 1992; SILVA et al., 2008).

4.3 Importância econômica

A espécie *Ipomoea batatas* passou a ter importância na história da alimentação mundial quando populações recorreram ao seu uso para resistir à fome. Um exemplo é o Japão que, antes da Primeira Guerra Mundial, usou a batata-doce para substituir o arroz, cuja produção foi comprometida pelos tufões. Portanto, devido a sua elevada rusticidade e ampla potencialidade de uso, *Ipomoea batatas* tornou-se uma espécie de interesse econômico, principalmente para países em desenvolvimento e com escassez de alimentos para a população (SINGH et al., 2003).

No mundo, o Brasil ocupa a 18ª posição entre os maiores produtores de batata-doce, com produção anual de 505.350 t, numa área plantada de 39.393 ha (FAO, 2012; IBGE, 2013). O Nordeste apresenta a maior área plantada (15.839 ha), com uma produção de 142.053 t e um rendimento médio de 9,43 t ha⁻¹, representando 28,11% da produção nacional. O estado de Sergipe é o maior produtor do Nordeste e o segundo produtor nacional, com produção de 44.397 t e rendimento médio de 14,37 t ha⁻¹. A região Sul é a maior produtora, com área plantada de 15.835 ha, produção de 227.354 t e rendimento médio de 14,36 t ha⁻¹, representando 44,99% da produção nacional. O estado do Rio Grande do Sul é o primeiro produtor nacional e maior produtor do Sul, com produção de 166.354 t e rendimento médio de 13,42 t ha⁻¹ considerado baixo quando comparado com Santa Catarina (17,42 t ha⁻¹) e Paraná (18,07 t ha⁻¹) (IBGE, 2013).

As regiões Sudeste, Centro-Oeste e Norte respondem por produções menores de 23,63; 1,99 e 1,28%, respectivamente. Já o rendimento médio por área nas regiões Sudeste e Centro-Oeste corresponde a 17,39 e 31,53 t ha⁻¹, respectivamente (IBGE, 2013). No estado de São Paulo, o município de Presidente Prudente é o principal polo produtor de batata-doce, com 1,4 milhão de caixas de 24 quilos e plantio de 2.200 hectares, sendo que as variedades mais utilizadas por 90% dos produtores são a Canadense e a Uruguaiana, originárias da África do Sul e do Uruguai, respectivamente.

Apesar dos resultados a produção brasileira de batata-doce apresentou um declínio no período de 1990 a 2013, em função da diminuição da área cultivada. Silva et al. (2004) explicam que essa redução foi determinada pelo êxodo rural, que fez com que grande parte do consumo de batata-doce fosse substituído por hortaliças de mais fácil preparo e de maior atratividade. O que também explica essa baixa produtividade é a ausência ou o pouco uso de tecnologias por parte dos produtores, que

investem pouco, acreditando que o retorno lucrativo é muito baixo (SILVA et al., 2004). Mas Montes et al. (2008) avaliaram o custo e a rentabilidade da batata-doce na região oeste do estado de São Paulo e concluíram que a batata-doce tem grande potencial na geração de renda. Para Silva et al. (2004), o grande problema, além dos que já foram citados, é a falta de organização dos agricultores em estabelecer compromissos de produção com alta qualidade para o mercado e garantir um canal de comercialização seguro, com possível regularidade de uma produção programada.

Portanto, a cultura da batata-doce constitui-se numa atividade geradora de emprego e renda, cujas cifras anuais no mundo alcançam grandes valores. Em nível mundial, os maiores produtores são Ásia, África, Estados Unidos e Japão, sendo a China o seu maior produtor, com aproximadamente 100 milhões de toneladas ao ano (MONTES, 2013).

4.5 Consumo e utilização da batata-doce

A produção da batata-doce em quase sua totalidade é utilizada na alimentação humana, geralmente consumida assada, cozida ou frita, sem a adição de qualquer condimento (MURILO, 1990). Suas folhas e brotações também possuem alto valor nutritivo, são saborosas e podem ser preparadas como qualquer outra folhosa (MIRANDA et al., 1989). Porém, seu consumo ainda sofre restrições, por ser considerada alimento de pobre: a raiz tuberosa ainda não está incluída no rol das hortaliças nobres exportadas para outros países, e nem mesmo tem seu nome citado em livros de receitas ou como um ingrediente importante no preparo de receitas culinárias, o que provavelmente ocorre em razão das poucas informações sobre sua composição e importância nutricional e/ou terapêutica (ISHIGURO et al., 2006; CARDOSO et al., 2007). Devido às mudanças de hábitos alimentares, a batata-doce está em evidência no mundo fitness e também entre portadores de diabetes, já que suas raízes tuberosas apresentam baixo índice glicêmico, ou seja, fornecem energia de forma gradual para a corrente sanguínea e para as células, refletindo diretamente na saúde, no controle da saciedade e da diabetes, além de fortalecer o sistema imunológico.

As raízes tuberosas podem ser fornecidas aos animais nas formas de raspas integrais, farinhas de raspas, pellets e farelo de fécula. Além disso, suas folhas e ramos possuem um grande valor como recurso forrageiro, devendo ser consumidas *in natura* para melhor aproveitamento das vitaminas ou como silagem. Entretanto, deve-se ter o cuidado na quantidade a ser fornecida, pois a batata-doce apresenta um inibidor de

digestão que pode ocasionar problemas intestinais nos animais. No Peru, os animais vêm sendo alimentados com ramas de batata-doce porque produzem menos gás metano, podendo contribuir de forma positiva na redução das emissões globais nocivas. Outro fator interessante é que suas ramas, por apresentarem alta porcentagem de proteína bruta (12,6%) e boa digestibilidade, vêm sendo muito utilizadas na alimentação do gado leiteiro, tanto na forma fresca como de silagem, por estimular a produção de leite (MONTEIRO, 2007; FIGUEIREDO et al., 2012).

Na indústria de alimentos, a principal utilização da batata-doce é na fabricação de doce em pasta ou cristalizado, conhecido como marrom glacê, e confeccionado basicamente com a polpa da raiz tuberosa, açúcar e geleificante. Além disso, a batata-doce pode ser usada para a produção de etanol e seus derivados, para a extração de amido e na fabricação de tecidos, papel, cosméticos, adesivos, farinhas pré-gelatinizadas, talharim, corantes, açúcares, xaropes, cereais pré-cozidos, *snacks* e rações para animais. Também pode ser comercializada sob a forma de produtos congelados processados e semiprocessados.

No Brasil são relatadas experiências com a fabricação e o emprego de farinha de batata-doce de polpa alaranjada, principalmente em produtos de panificação e confeitaria como bolos, macarrão, “chips” secos e fritos, iogurtes, flocos desidratados, produtos dietéticos, entre outros, contribuindo no aumento do teor de provitamina A desses produtos. Uma das situações comuns na fabricação desses produtos é a depreciação visual ocasionada pelo escurecimento dos produtos durante o processamento, e isso ocorre pelas enzimas fenoloxidasas que causam o escurecimento dos substratos fenólicos das raízes tuberosas após serem cortadas e entrarem em contato com o oxigênio. Este fato está intimamente relacionado com raízes tuberosas que apresentam elevados teores de amido e açúcar redutor (COLLINS et al., 1991; LEONEL et al., 1998; SOUZA, 2000; CEREDA, 2001; SILVEIRA, 2008; VIANA, 2009; FELTRAN e FABRI, 2010; CASTRO et al., 2011; LEBOT et al., 2011; MOULIN et al., 2012).

A batata-doce também vem se apresentando como uma excelente matéria-prima na produção de etanol por conter grandes quantidades de amido, configurando-se como forma de inclusão do agricultor familiar na produção de biocombustíveis. Dentre as vantagens, a batata-doce apresenta um ciclo de produção baixo (4 a 5 meses) em relação à cana-de-açúcar (12 e 18 meses), constatando uma

produtividade global bem superior. Porém, são necessárias mais pesquisas voltadas para a geração de tecnologias de produção (SILVEIRA, 2008).

4.4 Diversidade genética

A maior variabilidade de batata-doce encontra-se no noroeste da América do Sul e no sul da América Central, nas regiões da Guatemala, Colômbia, Equador e Peru. A região oeste do Brasil foi mencionada por alguns autores como parte do centro secundário, o que explica a grande diversidade genética para a espécie *Ipomoea batatas*, sendo comum encontrá-la praticamente em todas as regiões do país. Daí a necessidade de caracterização e avaliação de diferentes clones de batata-doce encontrados e cultivados no Brasil com materiais de outros países (CARDOSO et al., 2005).

Essa grande diversidade de materiais de batata-doce é devida ao alto nível de ploidia, que nada mais é do que sementes botânicas oriundas de uma mesma planta mas que são diferentes geneticamente, ou seja, cada uma das sementes é uma planta diferente, e por isso, é comum encontrar cultivares com o mesmo nome ou o mesmo material com nome diferente (JONES, 1986; RITSCHHEL et al., 1999), com potencialidades ao plantio e ao consumo.

Essa divergência genética pode ser avaliada com base em características agronômicas, morfológicas, moleculares, bioquímicas, fisiológicas, físico-químicas, entre outras. Tradicionalmente, a caracterização baseia-se em descritores morfoagronômicos específicos para cada espécie, que possibilitam a separação dos acessos da coleção (MANIFESTO et al., 2010; MOULIN et al., 2012).

A Embrapa Hortaliças mantém o maior Banco de Germoplasma (BAG) de batata-doce, a fim de diminuir a erosão genética e disponibilizar material para pesquisa e produção em diferentes regiões. O banco é formado por 500 acessos, considerando a duplicidade de materiais oriundos de coletas realizadas nas regiões Centro-Oeste (35%), Nordeste (14%), Norte (10%), Sudeste (10%) e Sul (16%) (RITSCHHEL et al., 1999; GOES et al., 2000).

A batata-doce, apesar de ter grande potencial e importância econômica e nutricional, é uma cultura pouco estudada, ou melhor, foi uma cultura esquecida pelos órgãos de pesquisa e de fomento. Entretanto, a busca por novas variedades que atendam às diversas finalidades de uso (mesa e indústria) é constante. Nessa perspectiva, diversos países, inclusive o Brasil, vêm mantendo BAGs e programas de melhoramento genético da batata-doce por meio de diversas instituições de ensino e/ou

pesquisa pública (SILVEIRA, 2008; FELTRAN e FABRI, 2010). Pois, quando avaliamos a diversidade de clones de batata-doce em diferentes regiões produtoras do Brasil, nos deparamos com potencialidades de produção e qualidade física e nutricional que podem ser lançadas como novas cultivares no mercado.

4.4 Doenças da batata-doce

Dentre os problemas sanitários que afetam o cultivo da batata-doce, destaca-se o ataque por nematoides formadores de galhas do gênero *Meloidogyne* spp., por limitarem o potencial produtivo, além de impedirem o desenvolvimento das raízes e provocarem rachaduras longitudinais e/ou irregularidades no formato da batata-doce, comprometendo não só a produtividade como também a qualidade das raízes (FREITAS et al., 2001).

4.4.1 *Meloidogyne* spp.

Na cultura da batata-doce, os nematoides de maior importância são os pertencentes ao gênero *Meloidogyne* Goeldi 1887, também conhecidos como nematoides das galhas. Várias espécies de *Meloidogyne* têm sido encontradas em campos de produção de batata-doce, incluindo *M. arenaria* Chitwood (1949), *M. hapla* Chitwood (1949), *M. enterolobii* Yang & Eisenback (1983), *M. incognita* Chitwood (1949) e *M. javanica* Chitwood (1949), principalmente em regiões tropicais, afetando o cultivo, dada a alta infestação desses organismos (HUANG et al., 1986; SILVEIRA et al., 2011).

O primeiro relato do nematoide das galhas ocorreu em 1877 por Jobert na antiga Província do Rio de Janeiro, quando este associou a presença de galhas nas raízes do cafeeiro ao declínio que estava ocorrendo na cultura. Emílio Goeldi (1887) atribuiu o problema a nematoides, classificando-os como *Meloidogyne coffeae*. Essa foi a primeira vez que o nematoide das galhas foi mencionado de forma correta, embora só tenha sido aceito pelos pesquisadores posteriormente (CARNEIRO et al., 2006a).

Esses nematoides raramente infectam as raízes tuberosas e produzem galhas. Seus danos ocorrem, frequentemente, nas raízes secundárias na forma de microgalhas, prejudicando o desenvolvimento radicular, o que acaba por reduzir a disponibilidade de água e nutrientes para a planta, além de provocar rachaduras longitudinais e/ou irregularidades no formato (CHARCHAR; RITSCHER, 2004). Desse modo, além da produtividade, a qualidade, a conservação e o aspecto comercial das raízes ficam prejudicados.

4.4.2 Aspectos biológicos do gênero *Meloidogyne*

O ciclo biológico de *Meloidogyne* spp. varia de 22 a 30 dias em uma temperatura média de 27°C, podendo ser reduzido ou até mesmo ter cessadas suas atividades vitais em temperaturas superiores a 40°C ou inferiores a 5°C. Sua duração depende de vários fatores, como temperatura, umidade relativa e planta hospedeira. Dentre esses fatores, destaca-se a temperatura: em regiões frias, os danos podem ser significativamente menores devido à redução na sua reprodução (CERVANTES-FLORES et al., 2008; KARSSSEN & MOENS, 2006; MOENS et al., 2009).

O ciclo biológico dos nematoides de galhas consiste em seis estádios fenológicos: ovo, quatro juvenis (J1, J2, J3, J4) e adulto. Ele é iniciado com o ovo unicelular que se desenvolve poucas horas após a oviposição da fêmea, dando origem em seguida à formação do juvenil de primeiro estágio (J1) no seu interior. A primeira ecdise ocorre no interior do ovo, originando o juvenil de segundo estágio (J2), pré-parasita e vermiforme (400 µm de comprimento e 15 µm de largura), que se move em direção à zona de alongamento da raiz, migra intracelularmente e intercelularmente pela sua ponta e, ao atingir o meristema, migra para a zona de diferenciação do cilindro vascular (EISENBACK; TRIANTAPHYLLOU, 1991; KARSSSEN; MOENS, 2006).

A penetração ocorre por choques mecânicos, via estilete e pela degradação da parede celular por enzimas produzidas pelas glândulas esofagianas, que causam um crescimento celular desordenado, levando à formação das células nutridoras, mais conhecidas como “células gigantes” ou cenócitos, constituídas por cinco a sete células multinucleadas que servem como dreno de nutrientes da planta para o nematoide. Ao mesmo tempo, a planta responde ao sedentarismo do nematoide multiplicando intensamente as células das raízes parasitadas, tanto em número quanto em tamanho (hiperplasia), formando assim as galhas (EISENBACK & TRIANTAPHYLLOU, 1991; KARSSSEN & MOENS, 2006).

Durante o desenvolvimento, os juvenis gradualmente assumem um formato salsichoide e sofrem três ecdises. A última ecdise compreende a verdadeira metamorfose para o macho, que se apresenta como um nematoide longo e filiforme dentro da cutícula do quarto estágio juvenil (J4). Esse não é parasita: após sua formação, ele sai da raiz e não se alimenta mais. A fêmea adulta, no início, mantém o mesmo formato do último estágio juvenil, mas aumenta quando madura e torna-se piriforme. A energia necessária para completar a terceira e a quarta ecdise é obtida pelo nematoide antes da

segunda ecdise, pois o juvenil é incapaz de se alimentar do seu hospedeiro desde o início da segunda ecdise até completar a quarta ecdise, já que durante este período o nematoide não possui estilete. Depois da quarta ecdise, o estilete reaparece e os órgãos dos aparelhos digestivos e reprodutivos são desenvolvidos (VAN DER EYCKEN et al., 1996; GHEYSEN et al., 2002; KARSSSEN; MOENS, 2006).

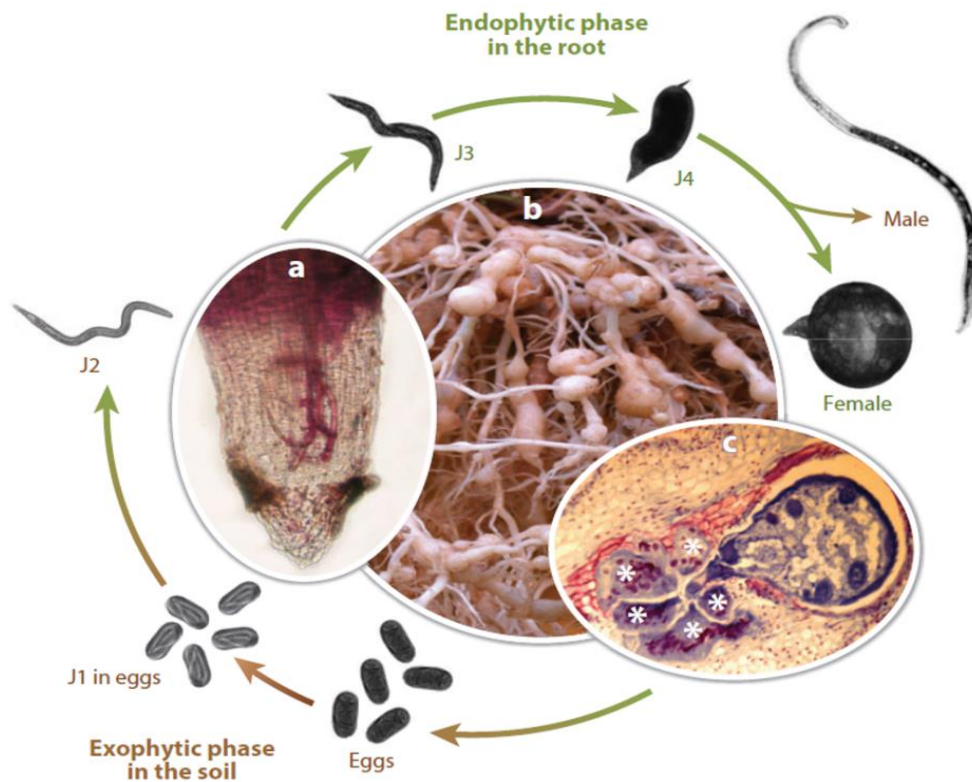


Figura 2: Ciclo de vida dos nematoides de galhas. (a) Seção longitudinal da extremidade da raiz mostrando juvenis de segundo estágio (J2). (b) Sintomas típicos de galhas em raízes de tomate. (c) Seção longitudinal de uma raiz infestada mostrando a fêmea madura e cinco células gigantes (extraído de CASTAGNONE SERENO et al., 2013).

Os nematoides apresentam dimorfismo sexual: os machos são alongados e se locomovem, sendo encontrados em menor proporção, enquanto as fêmeas tornam-se sedentárias e piriformes. A proporção de machos varia de acordo com a planta hospedeira e as condições ambientais, com exceção das espécies que se reproduzem por partenogênese facultativa ou obrigatória (*M. incognita*), apresentando variação na proporção sexual, ou seja, dependendo das condições ambientais, machos podem ser ausentes, raros ou abundantes. E dependendo do estágio de desenvolvimento no qual ocorre a reversão sexual nos machos, estes podem ter uma ou duas gônadas. O número

de gerações anuais varia de acordo com a espécie e a disponibilidade de alimento. Sob condições adversas de desenvolvimento, a oferta de alimento pode ser fator determinante para a abundância de machos na raiz: se houver uma grande população de nematoides na raiz, o J4 vai se diferenciar em macho adulto e sair da raiz. Em contrapartida, quando a interação é compatível, o J4 se diferencia em fêmea e permanece na raiz, depositando seus ovos em uma substância gelatinosa, também conhecida como massa de ovos, que reúne cerca de 400 a 500 ovos, e é envolta por uma matriz gelatinosa, com função protetora e secretada pelas glândulas retais da fêmea. E assim continua o ciclo biológico (KARSSSEN E MOENS, 2006; GROSSI DE SÁ, 2011).

As células gigantes e as galhas são respostas distintas às plantas: as primeiras são essenciais ao desenvolvimento e à reprodução do parasito uma vez que se torna sedentário. Já as últimas constituem apenas bons indicadores da extensão das reações hiperplástica e hipertrófica dos tecidos afetados pelo nematoide, devido à injeção de secreções provenientes das glândulas esofagianas, podendo ser formadas bem antes que as células gigantes ou mesmo na ausência destas. As galhas radiculares, portanto, são alterações anatômicas causadas pela presença do nematoide no córtex e também no cilindro vascular, através do incremento de volume das células gigantes, ocasionando deformações no xilema, bem como no floema. A compressão de ambos pode levar a planta à morte (JONES et al., 1976; FINLEY, 1981).

4.4.3 *Meloidogyne incognita*, *Meloidogyne enterolobii* e *Meloidogyne javanica*

M. incognita é uma das espécies mais importantes e comumente relatadas como causadoras de danos em raízes de batata-doce. Está presente em praticamente todo o mundo, especialmente em regiões de clima quente, incluindo as regiões tropicais e subtropicais. Seu manejo é dificultado devido a uma ampla gama de hospedeiros. É importante a sua avaliação na cultura da batata-doce, uma vez que seu ataque, além de determinar redução na produção, pode também causar rachaduras nos tubérculos, depreciando e inutilizando o produto para o comércio (CARNEIRO et al., 2006a; MARCHESE et al., 2010; MASSAROTO et al., 2010).

M. javanica é uma espécie muito polífaga, que foi assinalada no Brasil desde os anos de 1950, parasitando um grande número de culturas e plantas daninhas. Alguns sintomas são bem característicos dessa espécie e costumam estar associados às raízes de batata-doce: galhas radiculares de formatos variáveis e visíveis, escassez de raízes secundárias e rachaduras bem pontuais - essas combinações resultam

em sistemas radiculares rasos, pobres e deformados. *Meloidogyne javanica* é identificada como o segundo nematoide das galhas, em ordem de importância, que causa perda qualitativa à cultura da batata-doce (logo após a *Meloidogyne incognita*) (ZIJLSTRA et al., 2000; TIGANO et al., 2005).

M. enterolobii foi assinalada no Brasil pela primeira vez como *M. mayaguensis* Rammah e Hirschmann no ano de 2001, nos municípios de Petrolina (PE), Curaçá e Maniçoba (BA), causando danos severos em plantios comerciais de goiabeira. É considerada uma das espécies mais importantes da América Latina e dos países de regiões tropicais e subtropicais, devido à sua ampla distribuição geográfica, ampla gama de hospedeiras e elevada taxa de reprodução e indução de galhas. Apresenta elevado potencial para ultrapassar a resistência de outras espécies de *Meloidogyne*, o que a torna a espécie mais agressiva dos nematoides de galhas. Na literatura, são inúmeros os relatos de plantas descritas como resistentes a outras espécies de *Meloidogyne* e suscetíveis a *M. enterolobii* (CARNEIRO et al., 2006a; MOENS et al., 2009; MELO et al., 2010).

4.4.4 Sintomas dos nematoides de galhas

O sintoma característico da infecção dos nematoides pertencentes ao gênero *Meloidogyne* spp. é a presença de galhas nas raízes da batata-doce que variam de tamanho (1-2 mm) entre as cultivares. Porém, é comum encontrar microgalhas, que por serem muito pequenas dificultam a sua visualização nas raízes tuberosas (PINHEIRO et al., 2009).

As massas de ovos depositadas pelas fêmeas nas raízes secundárias apresentam coloração translúcida com tonalidade marrom dourado, e possuem cerca de 0,5-1 mm de diâmetro, podendo ser encontradas na superfície das raízes mesmo quando as galhas não estão visíveis. O sintoma mais severo nas raízes tuberosas da batata-doce é a ocorrência de rachaduras longitudinais devido ao crescimento exagerado. É muito difícil encontrar galhas nas raízes tuberosas (o que faz com que a planta seja denominada de falsa hospedeira), mas quando isso ocorre, geralmente são genótipos altamente suscetíveis, observados na depreciação do produto comercial das cultivares. Na maioria das vezes, os danos ocorrem nas raízes secundárias, onde as fêmeas depositam suas massas de ovos, que reduzem a absorção de nutrientes e água pela planta e provocam redução da produtividade (GUIMARÃES, 2003; LIMA, 2003; CHARCHAR; RITSCHER, 2004; MASSAROTO et al., 2010).

Carneiro et al. (2006 a) também afirmam que a batata-doce realmente é uma “falsa hospedeira”, uma vez que suas raízes tuberosas não apresentam o sintoma de engrossamento. Pinheiro et al. (2009) relatam que os sintomas são muito variáveis e que, na maioria dos casos, os nematoides não conseguem produzir massas de ovos, embora o sistema radicular possa necrosar no final do ciclo da cultura, devido à invasão e às atividades dos organismos secundários, podendo ocorrer redução no crescimento das raízes, amarelecimento das folhas e produção abundante de flores pela perda de vigor do sistema radicular.

4.4.5 Resistência genética

A resistência da planta de batata-doce aos nematoides pode ter efeitos pequenos, moderados ou grandes, que determinarão a taxa de multiplicação das espécies. Alguns fatores podem influenciar a dinâmica da população dos nematoides em plantas resistentes: o nível de expressão dos genes de resistência (que pode ser modificado de acordo com sua constituição genética), efeitos ambientais e virulência da população de nematoides (ROBERTS, 2002).

O Projeto Internacional de *Meloidogyne* (IMP) avaliou um grande número de plantas de batata-doce que contêm compostos fenólicos tóxicos aos nematoides das galhas. Sasser e Huang (1985) confirmam essa teoria quando citam que os compostos fenólicos envolvidos na formação de necroses e lesões têm sido frequentemente sugeridos como compostos responsáveis pela resistência à doença.

Há uma hipótese de que a resistência natural da batata-doce a pragas e doenças se dá pelo fato de ter sido muito cultivada em períodos em que não se utilizava agrotóxico. Müller e Börger (1940) citados por Woolfe (1992) comprovam essa resistência natural pela presença de fitoalexinas nas raízes tuberosas que funcionavam como antibióticos naturais. Quando essas raízes eram danificadas por doenças e pragas, elas reagiam ao ataque produzindo uma variedade de sesquiterpenos que tornavam o tecido vegetal amargo e com odor forte. Schneider et al. (1984) explicam que muitas outras enzimas podem estar envolvidas nas reações de defesa das plantas contra fitopatógenos, incluindo peroxidases, polifenóis, entre outros. Essas enzimas catalisam a formação de lignina e outros fenóis que contribuem para a formação de barreiras de defesa, reforçando as estruturas das células das plantas. Essas características são de fundamental importância principalmente para países em desenvolvimento que tradicionalmente cultivam a batata-doce e que enfrentam muitas dificuldades na produção

devido aos solos pobres e com doenças, além da baixa entrada de insumos (ROBERTS, 1992).

Outro mecanismo de resistência pós-infeccional é a reação hipersensitiva caracterizada pela morte rápida das células das plantas infectadas em resposta ao ataque do nematoide. A necrose das células mortas previne que a doença se desenvolva, funcionando como um mecanismo de defesa do hospedeiro resistente à entrada do patógeno (HUANG, 1986).

Logo, a resistência genética é o meio mais simples, efetivo e econômico no controle de nematoides do gênero *Meloidogyne* spp., principalmente em regiões tropicais e subtropicais em desenvolvimento. Identificar a resistência específica às diferentes espécies do gênero *Meloidogyne* é importante, uma vez que um clone de batata-doce pode ser resistente a uma raça ou espécie específica, mas não a outras (CHARCHAR; RITSCHER, 2004; MARCHESE et al., 2010; MASSAROTO et al., 2010). E segundo Andrade Júnior et al. (2012), o método mais eficiente para a identificação da resistência genética de clones de batata-doce é pelo fator de reprodução (FR) do gênero *Meloidogyne*, uma vez que o critério de classificação é mais rigoroso por apresentar apenas duas formas de classificação, suscetíveis (S) e resistentes (R), determinadas pela relação da população inicial e final de ovos viáveis (P_f/P_i) dos inóculos.

4.6 Colheita e qualidade pós-colheita das raízes de batata-doce

A batata-doce não apresenta um ponto de maturação. Sua colheita comercial é definida pela massa de suas raízes, que devem ter aproximadamente 250 a 350 gramas (SILVA et al., 2002). Na região sorocabana do estado de São Paulo, os produtores realizam a colheita quando mais de 80% da sua área apresenta raízes tuberosas com massa variando de 200 a 400 gramas, o que acontece por pontos de amostragem.

A determinação do ponto ideal de colheita é uma etapa importante para a comercialização e para a manutenção da qualidade pós-colheita. Dependendo do manejo em campo, suas propriedades físico-químicas podem apresentar um menor rendimento devido à sensibilidade que as raízes tuberosas possuem às alterações ambientais e climáticas (OLUKUNGLER, 2006).

Silva et al. (2004) citam que a qualidade física das raízes tuberosas - pós-colheita - recomendado para os grandes centros de comercialização dos estados do RJ e SP são as batata-doce do tipo extra A que apresenta massa com 300 a

401g, diâmetro entre 5 e 8 cm e comprimento de 12 a 16 cm. Já Montes (2013) cita que o estado de SP atende a classificação utilizada pela CEAGESP que é: extra – 1A (70 – 149 g); extra A - G (> 450 g) e extra AA – 2A (150 – 449 g) para as raízes tuberosas amarelas enquanto, as rosadas seguem a mesma classificação, diferenciando apenas da classificação Extra A – G, que teria peso de 300 g.

4.6.1 Métodos físicos, físico-químicos e bioquímicos para análise da batata-doce

A qualidade de um alimento está atribuída aos seus caracteres físicos (tamanho, forma e cor de casca e polpa), que respondem pela aparência externa, e aos seus caracteres químicos e bioquímicos (pH, acidez, teor de sólidos solúveis, matéria graxa, açúcar, amido, cinzas, fibra, umidade, carotenoides e compostos fenólicos), que respondem pelo sabor, odor, textura e valor nutritivo (CHITARRA; CHITARRA, 1990; CHISTÉ et al., 2010).

A reunião dessas características (físicos, químicos e bioquímicos) é importante para obtenção de dados referentes à composição nutricional da batata-doce a fim de sensibilizarmos a população quanto ao seu grande potencial nutricional e disponibilizarmos um alimento com qualidade nutricional elevada e segura e saudável. E dentre as várias características que podemos avaliar na cultura da batata-doce temos:

O pH e a acidez da batata-doce vão variar em função dos diferentes clones, manuseio, colheita e pós-colheita, ou seja, as raízes tuberosas podem apresentar uma oscilação na sua composição nutricional em função de um menor rendimento, e isso se dará, em função da sensibilidade das plantas às alterações ambientais e climáticas (FRANCO, 2001; SILVEIRA, 2008).

O teor de sólidos solúveis encontrados na batata-doce é um indicador de qualidade tanto para a mesa quanto para a indústria, pois quanto mais doce for a batata-doce, maior será a preferência dos consumidores; e na indústria, quanto mais doces forem as raízes tuberosas, menor será a adição de açúcar, o tempo de evaporação da água e o gasto de energia, e maior será o rendimento do produto, resultando em maior economia no processamento (SHEKHAR et al., 2015). O teor de açúcar vai variar com os diferentes genótipos, grau de maturação e tempo de armazenamento.

Os teores de sólidos solúveis são utilizados para determinar os teores de açúcares, além de serem decisivos na manutenção do sabor, aroma, cor e textura de frutos e hortaliças. Indicam a quantidade dos sólidos que se encontram dissolvidos no suco ou na polpa das frutas e hortaliças, sendo que os açúcares correspondem entre 65 e

85% do teor total desses sólidos. Normalmente são expressos em °Brix e têm tendência ao aumento com a maturação. Para a indústria, teores de sólidos solúveis elevados em polpas de frutos resultam em maior rendimento do produto final (MANICA et al., 1998; CHITARRA; CHITARRA, 1990; PEREIRA, 1995).

O *Ratio* é a relação empírica entre o teor de sólidos solúveis e a acidez titulável das raízes de batata-doce a partir da qual identificamos o sabor da polpa das raízes. Essa relação, em conjunto com outros parâmetros, pode ser utilizada como índice de qualidade interna da polpa da batata-doce. O *Ratio* cresce com o amadurecimento das raízes tuberosas em consequência da hidrólise do amido com o aumento de açúcares solúveis redutores (glicose e frutose) e não redutores (sacarose) e a diminuição da acidez, que por sua vez ocorre em detrimento do decréscimo no conteúdo de ácidos orgânicos. Nesse caso, todos os fatores, ambientais ou fisiológicos, que influenciam no metabolismo de açúcares e ácidos interferem indiretamente na relação SS/AT, que expressa o sabor do fruto. Ainda que essa relação descreva apenas o sabor, é o melhor índice de maturação disponível, sendo de fácil determinação e próximo do grau de maturação real (TING, 1986; CHITARRA; CHITARRA, 2005). Portanto, no período de colheita, as raízes tuberosas que apresentarem ciclos produtivos mais precoces devem apresentar maior teor de sólidos solúveis, menor acidez e/ou maior *Ratio*.

Os açúcares presentes nas raízes tuberosas são importantes na caracterização do sabor e do aroma e responsáveis pela doçura. Os principais açúcares redutores são frutose, glicose, maltose, lactose e sacarose, sendo esta última formada por glicose e frutose, podendo tornar-se um açúcar redutor se sofrer ação enzimática ou hidrólise ácida (CHITARRA; CHITARRA, 2005). Leonel e Cereda (2002) citam que a batata-doce apresenta elevado teor de açúcar total (6,99%) e redutor (5,74%), o que a torna uma boa matéria-prima para a produção de hidrolisados e fermentados, como por exemplo, a produção de álcool.

O amido é o principal componente da batata-doce, apresentando aproximadamente 60 a 85% de carboidratos em aproximadamente 30% da sua matéria seca, sendo que os açúcares (glicose, frutose e sacarose) são os principais carboidratos presentes, variando de acordo com as cultivares, condições ambientais, manejo do cultivo e a interação desses elementos. Durante o armazenamento, parte do amido se converte em açúcares solúveis, atingindo de 13,4 a 29,2% de amido e de 4,8 a 7,8% de açúcares totais redutores, acentuando o sabor da raiz mesmo após a colheita (MIRANDA et al., 1995; BOVELL-BENJAMIM, 2007). Roesler et al. (2008) observaram que existe uma

relação inversa entre os teores de açúcares e amido, ou seja, quanto maior for o teor de fécula, menor será o teor de açúcar e vice-versa.

O teor de proteínas na raiz de batata-doce é relativamente baixo, mas a qualidade é extraordinariamente alta, variando entre cultivares ou em uma mesma cultivar. Essa condição vai depender do tipo de solo, da variedade, das condições ambientais e dos teores de umidade e nitrogênio no solo. Estudos apontam que a extremidade apical da raiz tuberosa possui teor de proteínas menor do que a extremidade basal, e que as camadas celulares da casca (periderme) têm maior teor do que a polpa (tecidos parenquimatosos). Já suas ramas e brotos (parte aérea) contêm duas vezes o nível de proteína das raízes tuberosas (CONSTANTIN et al. apud SANTOS, 2004; FELTRAN e FABRI, 2010; MOULIN et al., 2012).

A concentração de fibra bruta nas raízes tuberosas varia entre 0,2 e 6,5 g.100g⁻¹ em matéria seca, o que caracteriza um fator importante aos consumidores de batata-doce devido aos benefícios trazidos à saúde, já que regulariza o funcionamento intestinal, tornando-a relevante para o bem-estar das pessoas (MCPHERSON, 1992; JANGCHUD et al., 2003). Porém, para a indústria, Franco et al. (2001) citam que essa característica não é interessante, porque as fibras retêm mais amido, dificultando a extração da fécula durante o processamento e onerando os custos.

A umidade nas raízes tuberosas é uma característica importante tanto para o consumo de mesa quanto para a indústria: quanto mais seca for a polpa da batata-doce, mais adocicado será o seu sabor após o cozimento ou a assadura, o que é da preferência do consumidor; na indústria, quanto menor a umidade, mais fácil será a extração do amido devido à menor quantidade de água residual, e conseqüentemente seu aproveitamento será maior. Sob essa perspectiva de mercado, a batata-doce leva vantagem em relação às tuberosas porque apresenta maior teor de matéria seca, em torno de 68% (LEONEL et al., 1998; CEREDA, 2001; GONÇALVES NETO et al., 2011).

As cinzas ou resíduo mineral fixo correspondem à fração inorgânica ou mineral da amostra. Quanto maior for o teor de cinzas nas raízes tuberosas, maior será o teor de sais minerais, que variam de 2,34 a 4,19 g.100g⁻¹ em massa seca. Os minerais dividem-se em três grupos: macrominerais (cálcio, cloro, magnésio, fósforo, potássio, sódio e enxofre), microminerais (cromo, cobre, iodo, ferro, selênio e zinco) e ultraminerais (arsênio, boro, bromo, cobalto, flúor, chumbo, lítio, manganês, molibdênio, níquel, silício, vanádio e estanho). Dentre todos, o de maior presença nas raízes tuberosas

é o potássio (RAVINDRAN et al., 1995; NAVARRA, T & SHANKIN-COHEW, 2004; OLIVEIRA et al., 2006).

Os antioxidantes são compostos necessários para o controle de reações de oxidação degenerativas causadas por espécies reativas de oxigênio e de nitrogênio em tecidos vivos, bem como para a inibição da peroxidação lipídica em alimentos. A peroxidação lipídica envolve reações de deterioração nos alimentos que ocorrem durante o processamento e o armazenamento. Os principais antioxidantes encontrados nos produtos vegetais são vitaminas (vitamina C e E), compostos fenólicos (flavonoides e ácidos fenólicos) e carotenoides (β -caroteno e licopeno), que podem estar presentes como pigmentos, dando coloração aos alimentos, ou como produto do metabolismo secundário. Esses elementos doam tanto hidrogênio ou elétrons como também seus radicais intermediários estáveis, impedem a oxidação de vários ingredientes do alimento, particularmente lipídios ou gorduras (CEVALLOS-CASALS e CISNEROS-ZEVALLOS, 2003; CHEN, 2003; OLUKUNGLE, 2006; BRIDGERS et al., 2010).

Dentre os compostos fenólicos encontrados na batata-doce, destacam-se os flavonoides, que quimicamente englobam as antocianinas. Os pigmentos antociânicos apresentam o gene *IbMYB1*, responsável pela pigmentação roxa na polpa das raízes tuberosas, sendo a cianidina e a peonidina as principais antocianidinas. Elas se concentram na pele, na casca ou sob a forma de manchas na polpa da raiz, e acredita-se que ajam na proteção das raízes tuberosas e das sementes (ambas órgãos reprodutivos) contra patógenos e predadores, aumentando a preservação e a vantagem reprodutiva. Esses pigmentos possuem múltiplos benefícios para a saúde, incluindo propriedades antineoplásicas, antimutagênicas, anti-inflamatórias, antidiabéticas e terapêuticas (GODA, 1997; TERAHARA et al., 1999; JIAO et al., 2012).

A coloração da casca e da polpa é uma característica importante para a comercialização, sendo que no mercado brasileiro a preferência é por batata-doce com cor da casca rosa e creme e cor de polpa branca e amarela. Porém, se o interesse dos consumidores for por alimentos mais nutritivos recomenda-se materiais de cor de polpa amarela, laranja e laranja escura, pois elas fornecem não apenas variedade de cor e textura às refeições, mas também nutrientes importantes como a vitamina A (HUAMÁN, 1992; SILVA et al., 2008; VALDUGA et al., 2009).

Os carotenoides fazem parte do grupo dos compostos bioativos lipofílicos, por apresentarem ação biológica. São muito utilizados como corantes nas indústrias alimentícia, farmacêutica, de cosméticos e de ração. O interesse do mercado

sobre eles vem aumentando, não só por estarem relacionados à coloração de outros materiais e/ou pela sua importância pró-vitáminica, mas também pela sua ação antioxidante. Suas propriedades resultam em benefícios à saúde, tais como fortalecimento do sistema imunológico e diminuição do risco de doenças degenerativas, lesões na pele, perda de apetite, queratinização epitelial, diminuição da taxa de crescimento e aumento da suscetibilidade a infecções (KRINSKY, 2005; CARDOSO et al., 2007).

Dentre os carotenoides naturais existentes (astaxantina, β -caroteno, cantaxantina, toruleno e licopeno), o betacaroteno é o mais abundante na batata-doce, e após ser ingerido pelo organismo, transforma-se em vitamina A. Seus pigmentos apresentam cor creme, amarela, laranja e laranja escura nas raízes tuberosas, existindo uma correlação direta entre a cor da polpa e a quantidade de betacaroteno, ou seja, quanto mais alaranjada for a polpa, mais promissora esse material será quanto ao teor de vitamina A (EITENMILLER & LANDEN, 2008).

A presença de betacaroteno nas raízes de batata-doce de cor de polpa laranja varia entre 6,7 e 13,1 mg.100g⁻¹ em peso fresco. Já as raízes tuberosas com coloração de polpa entre o amarelo e o branco a variação é de 0,1 a 0,3 mg.100g⁻¹ em peso fresco. E as raízes tuberosas com cor de polpa branca não apresentam teor de betacaroteno na sua composição. Entretanto, a pesquisa aponta que a quantidade de carotenoides provitamínicos A presentes nas raízes tuberosas não corresponde necessariamente à quantidade absorvida e metabolizada pelo organismo. A bioacessibilidade dessa vitamina no organismo será determinada pela eficiência da micelização, que corresponde à proporção de carotenoides transferidos da matriz alimentícia para as micelas formadas após a digestão *in vitro* e que, portanto, será passível de ser absorvida se estiver no organismo. Essa biodisponibilidade é um processo muito complexo e que depende de diversos fatores intrínsecos do alimento e fatores fisiológicos correlacionados que atuam desde a ingestão do alimento rico em provitamina A até sua conversão em retinol (HUANG et al., 1999; HAL, 2000; GRABOWSKI et al., 2007).

5 MATERIAL E MÉTODOS

5.1 Experimento I: Resistência de clones de batata-doce (*Ipomoea batatas* (L). Lam.) a *Meloidogyne enterolobii*, *Meloidogyne incognita* e *Meloidogyne javanica* em duas estações.

5.1.1 Local do Experimento

O estudo do ciclo biológico dos nematoides *M. enterolobii*, *M. incognita* e *M. javanica* foram realizados no Departamento de Proteção Vegetal da Faculdade de Ciências Agrônômicas de Botucatu – UNESP, no período de setembro/2013 a novembro/2014.

5.1.2 Delineamento Experimental

O delineamento experimental de ambos os nematoides foi inteiramente casualizado no esquema fatorial 9 x 2, com cinco repetições e duas plantas por parcela. Foram utilizados oito clones de batata-doce, sendo cinco de polpa alaranjada (Beauregard, BRS Amélia, CNPH 1298, CNPH 1358 e CNPH 1365), e um de polpa branca (CNPH 1195), oriundos do IFMA (Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Maranhão), localizado no município de São Luís, MA; e dois de polpa branca (Uruguaiana e Canadense), oriundos da APTA (Agência Paulista de Tecnologia de Agronegócios), localizada no município de Presidente Prudente, SP. Para avaliar a efetividade dos inóculos utilizou-se o tomateiro da cultivar ‘Rutgers’, altamente suscetível aos nematoides de galhas. Cada ensaio correspondeu a uma população de

nematoide e uma estação. As ramas-sementes tinham de 3 (nós longos) a 6 gemas (nós curtos), e foram plantadas em vasos de 5 litros contendo solo, areia e matéria orgânica (1:2:1), previamente autoclavados.

5.1.3 Origem dos inóculos

A população de *M. incognita* foi obtida de plantas de café (*Coffea arabica* L.), a de *M. enterolobii* de plantas de fumo (*Nicotiana tabacum* L.) e a de *M. javanica* de plantas de tomate (*Solanum lycopersicum* L.), ambas fornecidas pelo Departamento de Nematologia do Instituto Agrônomo do Paraná (IAPAR), localizado no município de Londrina, PR. Os inóculos de ambos os nematoides de galhas foram multiplicados em raízes de tomate (cv. 'Rutgers') e mantidas em casa de vegetação.

5.1.4 Multiplicação, extração e inoculação

As inoculações com os nematoides de galhas (*Meloidogyne enterolobii*, *Meloidogyne incognita* e *Meloidogyne javanica*) ocorreram no momento em que as plântulas de batata-doce tinham de duas a cinco folhas definitivas. No verão, isso ocorreu aos 07 dias e no inverno, aos 13 dias. Foram feitos sulcos de 1 cm ao redor do colo das plantas, colocando-se 1.000 ovos/juvenis/mL (população inicial), com o auxílio de uma pipeta e, posteriormente, estes foram cobertos com uma camada fina de solo.

As irrigações foram suspensas durante as primeiras 48 horas após os plantios para garantir a penetração e evitar a lixiviação dos nematoides. As irrigações foram realizadas de acordo com a necessidade da planta. Na estação do verão isso ocorreu diariamente, enquanto no inverno foram de 2 a 3 dias, devido à umidade fornecida as plantas.

Ao completar o ciclo de vida dos nematoides nas plantas de batata-doce, ou seja, após 60 dias (verão) e 90 dias (inverno), as irrigações foram suspensas para que o substrato contido no vaso perdesse umidade e facilitasse a retirada das raízes (tuberosas e secundárias), reduzindo assim as perdas de massas de ovos contidas nas mesmas.

5.1.5 Processamento e extração de ovos nas raízes de batata-doce

As extrações dos ovos de *Meloidogyne enterolobii*, *Meloidogyne incognita* e *Meloidogyne javanica* seguiram a metodologia de Hussey e Barker (1973),

adaptada por Bonetti e Ferraz (1981), nas duas estações. As raízes (tuberosas e secundárias) foram retiradas cuidadosamente dos vasos, lavadas em água corrente, coloridas por imersão em solução de floxina B na concentração de 0,12 g/4 L de água durante 15 minutos (HUSSEY e BAKER, 1973), para facilitar a visualização das microgalhas e o registro por fotografia. Em seguida, foram cortadas e trituradas no liquidificador com 250 ml de hipoclorito de sódio (0,5%), por 30 segundos. O conteúdo contido no liquidificador foi derramado sobre peneiras granulométricas de 20 mesh (850 μm) e 500 mesh (25 μm) que estavam sobrepostas. Os materiais retidos nas peneiras de 25 μm foram lavados em água corrente e recolhidos em potes plásticos previamente identificados, e a eles foi adicionado 1g de caulim para homogeneização e centrifugação a 1800 rpm, durante 5 minutos. Os sobrenadantes foram descartados, adicionando-se sacarose aos precipitados e centrifugando-os novamente por um minuto. As suspensões foram lavadas em água corrente com o auxílio de uma peneira de 500 mesh (25 μm) e recolhidas em potes plásticos para a estimativa dos ovos (**Figura 3**).

5.1.6 Avaliações

As avaliações foram aos 60 e 90 dias após as inoculações nas estações do verão e do inverno, respectivamente. O número total de ovos foi quantificado através da extrapolação da contagem de 1 mL da suspensão, em câmara de Peters, por microscópio estereoscópico. A partir deste procedimento obteve-se a população final (Pf) dos nematoides de galhas (*M. enterolobii*, *M. incognita* e *M. javanica*) nas plantas de batata-doce e do tomate (cv. 'Rutgers'). Os materiais resistentes foram classificados pelo fator de reprodução (FR), por ser considerado mais criterioso na sua avaliação.

A resistência foi determinada pela fórmula: $FR = Pf/Pi$ onde: FR= Fator de reprodução, Pf = População final e Pi = População inicial de ovos viáveis. Segundo Oostenbrink (1966) clones de batata-doce com FR igual ou maior que 1,0 ($FR \geq 1$), são considerados suscetíveis (S) e aqueles com valor menor que 1,0 ($FR < 1$) são considerados resistentes (R).



Figura 3: Avaliações aos 60 (verão) e 90 (inverno) dias (A); Lavagem das raízes tuberosas e secundárias (B); raízes sendo coloridas com floxina B (C); raízes tuberosas e secundárias sendo cortadas e trituradas no liquidificador (D; E); conteúdo do liquidificador sendo lavado em água corrente (F); recolhidos em potes plásticos e adicionado 1 g de caulim para homogeneização (G); centrifugados a 1800 rpm (H) e contagem do número total de ovos em microscópio estereoscópico (I).

5.1.7 Estatística

Os dados foram submetidos à análise de variância a 1% e 5% de probabilidade. Quando houve variância significativa, as médias foram comparadas pelo teste Tukey a 5% de probabilidade. Todas as análises foram realizadas com o auxílio do software Sisvar (FERREIRA, 2000).

5.2 Experimento II: Produtividade, caracterização física e físico-química de raízes tuberosas de batata-doce (*Ipomoea batatas* L. Lam.).

5.2.1 Caracterização da área

Os plantios com batata-doce na estação da primavera e do verão foram instalados na estação experimental da Fazenda de Ensino, Pesquisa e Produção localizada no município de São Manuel/SP, pertencente à Faculdade de Ciências Agrárias da UNESP/Botucatu. A fazenda localiza-se a 22° 44' 28" S e 48° 34' 37" O, com altitude de 740 metros e clima do tipo Cfa, temperado quente (mesotérmico), conforme a classificação de Köppen. As chuvas concentram-se no período de novembro a abril com precipitação média anual de 1.376,70 mm. A temperatura média do mês mais quente é superior a 22°C. O solo é do tipo Latossolo Vermelho Amarelo (eutrófico) (CUNHA; MARTINS, 2009). Os dados climáticos dos experimentos encontram-se nas Tabelas 1 e 2.

Tabela 1: Médias das temperaturas média (TMED), mínima (TMIN), máxima (TMAX), Umidade Relativa média (URMED), mínima (URMIN) e máxima (URMAX), Radiação Global (RG), Radiação fotossinteticamente ativa (PAR) e Precipitação Pluviométrica (PP) do município de São Manuel, SP, de 02 de setembro de 2013 a 28 de fevereiro de 2014.

CULTIVO DA PRIMAVERA									
MÊS	TMED (°C)	TMIN (°C)	TMAX (°C)	URMED (%)	URMIN (%)	URMAX (%)	RG (MJ m ⁻² dia ⁻¹)	PAR (MJ m ⁻² dia ⁻¹)	PP (mm)
Setembro	19,5	13,9	26,4	70,2	46,8	90,2	17,2	7,4	91,7
Outubro	20,5	15,6	27,3	75,0	50,1	93,1	20,0	8,7	124,5
Novembro	21,9	17,1	28,6	76,6	52,2	94,3	20,3	8,8	92,2
Dezembro	23,6	18,4	30,8	75,4	47,7	94,9	22,4	9,7	80,5
Janeiro	24,2	19,0	31,4	76,1	45,0	97,3	24,3	10,8	191,0
Fevereiro	24,5	19,3	31,2	70,2	45,0	92,0	21,4	9,5	182,3
MÉDIA	22,3	17,2	29,3	73,9	47,8	93,6	20,9	9,2	762,2

Tabela 2: Médias das temperaturas média (TMED), mínima (TMIN), máxima (TMAX), Umidade Relativa média (URMED), mínima (URMIN) e máxima (URMAX), Radiação Global (RG), Radiação fotossinteticamente ativa (PAR) e Precipitação Pluviométrica (PP) do município de São Manuel, SP, de 01 de janeiro a 30 de maio de 2014.

CULTIVO DO VERÃO									
MÊS	TMED (°C)	TMIN (°C)	TMAX (°C)	URMED (%)	URMIN (%)	URMAX (%)	RG (MJ m⁻² dia⁻¹)	PAR (MJ m⁻² dia⁻¹)	PP (mm)
Janeiro	24,2	19,0	31,4	76,1	45,0	97,3	24,3	10,8	191,0
Fevereiro	24,5	19,3	31,2	70,2	45,0	92,0	21,4	9,5	182,3
Março	22,5	18,4	28,8	82,8	56,3	97,7	18,0	8,1	150,9
Abril	21,0	16,7	27,4	80,4	54,9	97,1	15,7	10,1	88,4
Maio	18,1	13,7	24,4	80,3	54,9	96,0	13,3	8,7	122,7
MÉDIA	22,0	17,4	28,6	78,0	51,2	96,0	18,5	9,4	735,3

5.2.2 Obtenção dos clones de batata-doce

Foram utilizados oito clones de batata-doce, dos quais seis (BRS Amélia, Beauregard, CNPH 1195, CNPH 1298, CNPH 1358 e CNPH 1365) foram cedidos pelo Instituto Federal do Maranhão – IFMA, de São Luís/MA, e dois clones (Canadense e Uruguaiana) foram adquiridos pela Agência Paulista de Agronegócios–APTA, de Presidente Prudente/SP. Os clones de batata-doce foram multiplicados em bandejas de polietileno (92 cédulas), em virtude da pequena quantidade de ramas-sementes, e mantidos em campos isolados da fazenda experimental da FCA, para garantir o vigor e a sanidade dos materiais. As ramas-sementes utilizadas no cultivo da primavera e do verão foram originadas de plantas de batata-doce da 1ª e da 2ª geração, respectivamente.

5.2.3 Época dos Cultivos

O primeiro cultivo ocorreu no período de 02 de setembro de 2013 a 28 de fevereiro de 2014, entre as estações da primavera e do verão, com temperatura oscilando entre 13,9 e 28,6 °C e radiação global de 17,2 a 20,3 MJ m⁻² dia⁻¹. O segundo cultivo ocorreu de 01 de janeiro a 30 de maio de 2014, entre as estações do verão e do inverno, com temperatura oscilando entre 19,3 e 31,4 °C e radiação global de 18 a 24,3 MJ m⁻² dia⁻¹ (Tabela 1 e 2).

5.2.4 Coleta de Solo e Análise Química do Solo

Para correção do solo e adubação das plantas de batata-doce, foram realizadas 20 coletas simples (0-20 cm), para formar uma amostra composta das áreas experimentais. As amostras foram identificadas e encaminhadas ao laboratório do Departamento de Solo e de Recursos Naturais da Faculdade de Ciências Agrônômicas para as análises químicas, de acordo com a metodologia de Raij et al. (1997). Baseando-se nos resultados das análises químicas, não houve necessidade de realizar calagem na área de ambos os experimentos (Tabela 3).

Tabela 3. Resultados da análise química de solo da área experimental, São Manuel/SP, 2013 - 2014.

Amostras	pH CaCL ₂	MO g.dm ⁻³	Presina mg.dm ⁻³	H ⁺ AL	K	Ca	Mg	SB	CTC	V%	S	B	Cu	Mn	Fe	Zn
				mmol									mg.dm ³			
Primavera	6,2	12	139	21	2,9	32	11	46	67	69	3	0,3	1,9	13	69	6
Verão	6,7	13	101	17	1,7	24	6	31	48	65	3	0,3	1,3	14	82	8

Fonte: Departamento de Recursos Naturais/Ciência do solo/Laboratório de Fertilidade do Solo/UNESP-FCA Campus de Botucatu-SP.

5.2.5 Preparo da área, adubação e levantamento das leiras

Para o preparo dos solos foram realizados aração, gradagem e sulcamento com um rotocanteirador. As leiras foram feitas manualmente com o auxílio de uma enxada, a uma altura de 40 cm. Foram realizadas adubações de plantio com o adubo formulado 4-14-8 (NPK) na proporção de 1.400 kg ha⁻¹, distribuídas a 15 cm de profundidade em sulco contínuo aberto no topo das leiras, e incorporadas manualmente com o auxílio de uma enxada.

A adubação de cobertura foi realizada apenas no primeiro cultivo (primavera), 58 dias após o plantio, na proporção de 20 kg ha⁻¹ de ureia (45% de N), pois as plantas de batata-doce apresentaram amarelecimento em suas folhas mais velhas e um desenvolvimento aéreo muito lento. O adubo foi distribuído na lateral das leiras a uma profundidade de 3 cm, e posteriormente coberto com terra e irrigado (Figura 4).



Figura 4: Adubação de cobertura no cultivo da primavera. São Manoel/SP. 2013 – 2014.

5.2.6 Delineamento experimental

O delineamento experimental foi em blocos ao acaso, no esquema fatorial 8x2, com quatro repetições. Os tratamentos resultaram da combinação de oito clones de batata-doce e duas épocas de plantio. A área total dos experimentos foi de 624,16m² com 32 parcelas. As parcelas constaram de quatro linhas, cada uma com oito plantas, totalizando 32 plantas por parcela. A área útil foi constituída por duas linhas (leiras) centrais, totalizando 16 plantas úteis. Foi adotado o espaçamento de 0,25 m entre plantas, 0,80 m entre fileiras e 2,0 m entre os blocos.

5.2.7 Plantio e manejo

Nos plantios foram utilizadas ramas-sementes apicais, afim de aproximar-se da realidade dos produtores de batata-doce. Para os clones de batata-doce com “entrenós curtos” foram utilizados segmentos com oito nós, e para os clones com “entrenós longos” foram utilizados segmentos com quatro a seis nós. No momento do plantio, foram enterradas metades dos nós, ficando a outra metade acima do solo, para

uma melhor eficiência no transporte de água e nutrientes, evitando-se assim o ressecamento e a morte das plântulas.

As ramas-sementes foram plantadas de forma “inclinada” para aumentar sua área de contato com o solo, até a formação das primeiras raízes. Em seguida, os experimentos foram irrigados para garantir a umidade do tecido das mesmas. Os tratos culturais realizados foram: capinas manuais, amontoa e condução das ramas. Foi adotado o sistema de irrigação por aspersão, e o turno de rega foi de acordo com a necessidade da cultura.

5.2.8 Controle fitossanitário

Durante a realização dos experimentos foram realizadas vistorias diárias de modo a identificar insetos e doenças para controle preventivo.

No segundo cultivo, aproximadamente 90 dias após o plantio, os clones de batata-doce, com exceção do CNPH 1298 (polpa alaranjada), apresentaram manchas pequenas e circulares (2 a 3 mm), com colorações entre os tons pardo e avermelhado na parte de cima de suas folhas mais velhas (**Figura 5**). Para identificação do patógeno, as folhas foram coletadas, acondicionadas em sacos plásticos, identificadas e encaminhadas ao Laboratório de Virologia Vegetal do Departamento de Proteção de Plantas da FCA. O resultado da análise indicou a ocorrência de antracnose (*Colletotrichum gloeosporioides*), o que provavelmente ocorreu devido à combinação das temperaturas quentes com a alta umidade (**Tabela 2**), condições favoráveis à incidência da doença. Como medida de controle preventiva, foi aplicado um fungicida à base de *Tebuconazole* na dosagem de 100 mL 100 L⁻¹, aplicados via bomba costal.



Figura 5: Folhas de batata-doce coletadas no cultivo de verão com sintomas de *Colletotrichum gloeosporioides*. São Manoel/SP. 2013 – 2014.

5.2.9 Colheita

O ponto de colheita dos experimentos foi determinado seguindo a metodologia dos produtores de batata-doce da região de Presidente Prudente/SP, ou seja, quando aproximadamente 80% das áreas apresentaram raízes tuberosas com peso médio entre 250 a 400 g. As colheitas foram realizadas aos 180 e 150 dias nas estações da primavera e do verão, respectivamente (**Figura 6**).



Figura 6: Colheita das raízes tuberosas no cultivo do Verão. São Manoel/SP. 2013 – 2014.

5.2.10 Avaliações da Produção

As avaliações dos experimentos para produção foram realizadas no balcão de apoio da Fazenda Experimental de Pesquisa e Ensino, localizada em São Manuel. Foi avaliada a área útil das parcelas quanto à:

- **Produção Total:** foi considerada a pesagem total das raízes tuberosas;
- **Produção Comercial:** foram consideradas somente as raízes tuberosas com características comerciáveis (formato uniforme, lisas e com peso entre 250 a 400 g);

- **Refugo:** foram consideradas as raízes tuberosas fora do padrão comercial (muito grandes ou muito pequenas, rachadas, finas e/ou tortuosas).

Todos os dados foram transformados para tonelada por hectare (t ha⁻¹) para estimar a produtividade da cultura.

5.2.11 Avaliação pós-colheita

A avaliação da qualidade pós-colheita dos oito clones de batata-doce foi realizada mediante análise das características físicas e físico-químicas. Foram selecionadas quatro raízes tuberosas da área útil de cada parcela, totalizando 16 raízes tuberosas por clone. As avaliações físicas foram realizadas 24 horas após a colheita. Para as avaliações químicas e bioquímicas, parte da polpa das raízes tuberosas foi processada e a outra metade foi cortada em rodela de 2 cm, enroladas em papel alumínio, mergulhadas em nitrogênio líquido e mantidas em freezer para evitar possíveis alterações até a realização das análises (**Figura 6**).

5.2.11.1 Avaliações físicas das raízes tuberosas

Foram realizadas no Laboratório de Fitotecnia do Departamento de Horticultura da Faculdade de Ciências Agrárias:

- **Comprimento:** a medida da região central das raízes tuberosas com o auxílio de uma régua, expresso em cm;
- **Diâmetro:** a medida do eixo longitudinal das raízes tuberosas com o auxílio de um paquímetro digital, expresso em cm;
- **Massa fresca das raízes:** aferida mediante a pesagem das raízes tuberosas em balança digital, expressa em g;
- **Classificação:** foi utilizada a classificação dos principais centros consumidores. Foram elas: Extra A (300 a 400g); Extra B (200 a 300g); Especial (150 a 200g) e Diversos (80 a 150g) (MIRANDA, 1989).

5.2.11.2 Avaliações físico-químicas das raízes tuberosas

Foram realizadas no Laboratório de Pós-colheita do Departamento de Horticultura da Faculdade de Ciências Agrárias:

- **Potencial Hidrogeniônico (pH):** a leitura de pH foi realizada utilizando-se um potenciômetro digital DMPH – 2, conforme metodologia do Instituto Adolfo Lutz (2008) (**Figura 6**).
- **Acidez Titulável (AT):** foi determinada por titulometria com solução padronizada de hidróxido de sódio a 0,1N, tendo como indicador o ponto de viragem da fenolftaleína, utilizando-se 2 g da polpa da batata-doce homogeneizada, diluída em 100 mL de água destilada. Os valores foram expressos em gramas de ácido cítrico, conforme metodologia recomendada pelo Instituto Adolfo Lutz (2008) e Comissão Nacional de Normas e Padrões para Alimentos (1978). Os resultados foram expressos em gramas de ácido cítrico.100 gramas⁻¹ de polpa fresca (**Figura 6**).
- **Sólidos Solúveis (SS):** foi determinada por leitura refratométrica direta expressa em °Brix, conforme metodologia de AOAC (2005), utilizando-se refratômetro de mesa tipo ABBE (marca Atago-N1) a 25 °C. Depois de processar as raízes tuberosas no multiprocessador, 5 g da amostra foram colocados num pedaço de filó para obtenção do “sumo” da batata-doce, de onde retirou-se 2 gotas que foram transferidas para o prisma do refratômetro, e após 1 minuto, foi realizada a leitura diretamente na escala em °Brix.
- **Açúcares Redutores e Totais:** as amostras da polpa das raízes tuberosas seguiram a metodologia descrita por Nelson (1944) e adaptada por Somogyi (1945), sendo os açúcares não redutores obtidos pela diferença entre os açúcares totais e redutores. As leituras foram realizadas no espectrofotômetro Micronal B 382 no comprimento de onda de 535 nm, e os resultados expressos em %.
- **Amido:** foi pesado 1 g das amostras da polpa das raízes de batata-doce em Erlenmeyer de 100 ml e adicionados 6 mL de HCl 0,1N com um pouco de água destilada. O Erlenmeyer foi fechado com papel alumínio e levado para a autoclave por 15 minutos a 1ATM. As amostras foram resfriadas e neutralizadas com carbonato de sódio até o meio ficar com pH 7, completando o volume de 100 mL em balão volumétrico. Logo após, foram filtradas e uma

alíquota de 5 ml foi transferida para um balão volumétrico de 100 mL, completando-se o volume com água destilada. Desse volume, retirou-se 1 mL para o tubo de ensaio, e adicionou-se 1 mL da solução Somogy, fervendo-se toda a amostra por 20 minutos. As amostras foram resfriadas em banho-maria, adicionadas de 1 mL da solução de Nelson, 6 mL de água destilada e homogeneizadas. Após as etapas intermediárias, a solução foi filtrada em papel simples e, no material filtrado, foi dosado o teor de açúcares redutores, obedecendo à metodologia descrita por Nelson (1944) e adaptada por Somogy (1945), utilizando-se fator de conversão igual a 0,9. Os resultados foram expressos na base úmida em $\text{g}\cdot 100\text{g}^{-1}$.

- **Matéria Graxa:** foram pesados 3 g das amostras da polpa das raízes de batata-doce em papel filtro. Os balões de fundo chato (250 mL) pertencentes ao equipamento de destilação foram secos em estufa a 105 °C e colocados no aparelho de extração. O método utilizado para extração e determinação da gordura foi o método a quente (40 - 65 °C), obtido por extração contínua, em aparelho do tipo Soxhlet, utilizando-se como solvente extrator o éter petróleo, que foi quantificado pelo método gravimétrico (AOAC, 2005). A extração da gordura das amostras das raízes de batata-doce durou aproximadamente 8 horas. Os resultados foram expressos em %.

- **Fibras:** foram pesados 3 g das amostras da polpa de raízes de batata-doce em cartuchos de filtro e processados em bloco digestor (tubos e condensador) (MA 455- Marca Marconi). Foram acrescentados no tubo de digestão 200 mL de ácido sulfúrico (H_2SO_4) a 1,25% (p/v) e submetidos à ebulição branda durante 30 minutos. O material foi filtrado em papel e lavado com água destilada quente. O material retido no filtro foi transferido para o tubo digestor com auxílio de 200 mL de hidróxido de sódio (NaOH) a 1,25%, sendo submetido novamente ao processo de digestão. Após a segunda etapa, o filtro juntamente com a amostra foram submetidos à secagem em estufa a uma temperatura de 105°C com circulação de ar forçada. Ao final, foram esfriados à temperatura ambiente em dessecador e sequencialmente pesados, obedecendo à metodologia da AOAC (2005). Os resultados foram expressos na base úmida em %.

- **Umidade:** os cadinhos de porcelana foram calcinados em forno mufla a 500-550°C por 1 hora. Foram pesados 3 g das amostras da polpa das raízes de batata-doce e colocados para secar em estufa (105°C) até a obtenção de peso constante. Após esse período, foram retirados da estufa e colocados no dessecador, e novamente pesados após seu resfriamento, obedecendo à metodologia da AOAC (2005). Os resultados foram expressos em %.
- **Cinzas:** foram utilizadas as mesmas amostras que determinaram a umidade. As amostras foram colocadas nos cadinhos de porcelana e determinadas com base na sua carbonização, sendo submetidas à incineração, em mufla a 550 °C por 5 horas. Após esse período as amostras foram colocadas no dessecador e posteriormente pesadas, obedecendo à metodologia da AOAC (2005). Os resultados foram expressos em %.
- **Compostos Fenólicos Totais e Atividade Antioxidante pelo método DPPH:** foi utilizada uma mistura de solventes, acetona e água (80:20 v/v) para a extração. Os extratos das raízes tuberosas foram obtidos em triplicata. Foi pesado 1 g das amostras de batata-doce em tubos do tipo Falcon e adicionados 10 mL da mistura de solventes. Os tubos contendo a polpa das raízes de batata-doce e o solvente acetônico foram submetidos à trituração com Turrax por alguns minutos à temperatura ambiente. Em seguida, os extratos foram centrifugados a 5000 rpm durante 50 minutos. Na sequência, os sobrenadantes foram retirados e armazenados em frascos escuros à temperatura de 8°C, até o momento das análises de compostos fenólicos totais e da atividade antioxidante pelo método DPPH.
 - **Compostos Fenólicos:** o conteúdo total de compostos fenólicos do extrato acetônico da polpa das raízes de batata-doce foi determinado pelo método espectrofotométrico de Folin-Ciocalteu (SINGLETON; ORTHOFER; LAMUELA, 1999). Para a realização da análise, uma alíquota de 0,5 mL do extrato acetônico foi transferida para um tubo e 2,5 mL do reagente Folin-Ciocalteu foi adicionado, diluído em água (1:10). A mistura permaneceu em repouso por cinco minutos. Em seguida foram adicionados 2 mL de carbonato de sódio a 4% e os tubos

foram deixados em repouso por duas horas, ao abrigo da luz. A absorbância foi medida em espectrofotômetro UV - mini 1240 (Shimadzu-Co) a 740 nm. Uma amostra em branco foi conduzida nas mesmas condições e os resultados dos compostos fenólicos totais foram expressos em equivalente de ácido gálico, com base em uma curva de calibração de ácido gálico com concentrações variando de 5 a 100 µg/mL. Os resultados foram expressos em mg de ácido gálico.100 g⁻¹ de polpa de raiz fresca.

- **Atividade Antioxidante pelo método DPPH:** a medida da capacidade sequestrante foi determinada pelo método DPPH (1,1-difenil-2-picrilidrazil), baseado no princípio de que um radical estável de coloração violeta aceita um elétron ou um radical de hidrogênio para tornar-se uma molécula estável, sendo reduzido na presença de um antioxidante e adquirindo coloração amarela. Na forma de radical, o DPPH possui absorção característica a 517nm, que desaparece à medida que ele vai sendo reduzido pelo hidrogênio doado por um composto antioxidante (MENSOR et al., 2001). A mistura de reação foi constituída pela adição de 500µL do extrato da polpa das raízes de batata-doce, 3mL de acetona 99% e 300µL do radical DPPH em solução de acetona a 0,5mm e incubada por 45 minutos, em temperatura ambiente e ao abrigo da luz. Os resultados foram expressos em porcentagem (**Figura 6**).
- **Cor Instrumental:** a coloração foi determinada com auxílio do colorímetro Minolta CR-400 (Konica Minolta Sensing, Inc.) no modo de reflectância, utilizando iluminação difusa, iluminante C (tipo de fonte de luz que representa a média da luz de dia, com temperatura de cor de 6740 °K) e ângulos de 0° e 2°, relativos aos ângulos de detecção e do observador, respectivamente. O equipamento foi calibrado antes das leituras com placa de azulejo branca fornecida pelo fabricante, em seguida foram realizadas as leituras em dois pontos da casca e da polpa das raízes tuberosas. Os resultados foram expressos em coordenadas de cor no espaço L*a*b*, onde L* indica a luminosidade; a* indica a variação de cor do verde até o vermelho e b* indica a variação de cor entre o azul e o amarelo. Com os valores de a* e b* calculou-se a

saturação ou intensidade de cor, representada pelo Chroma (*C) e o ângulo *Hue** (°h), que indica a tonalidade cromática, para os quais 0° refere-se à coloração vermelha, 90° à coloração amarela, 180° à coloração verde e 270° à coloração azul.

- **Carotenoides Totais e Betacaroteno (β -caroteno):** foi determinado pelo método de extração segundo Rodrigues-Amaya (2001), pelo Laboratório de Cromatografia Líquida da Embrapa Agroindústria de Alimentos, Rio de Janeiro/RJ.



Figura 7: Raízes tuberosas de cor de polpa alaranjada e branca (A); Avaliações físico-químicas das raízes tuberosas de batata-doce: descascando as raízes (B), processando (C), acondicionando em potes plásticos (D); Leitura do pH (E) e Leitura da acidez titulável (F).

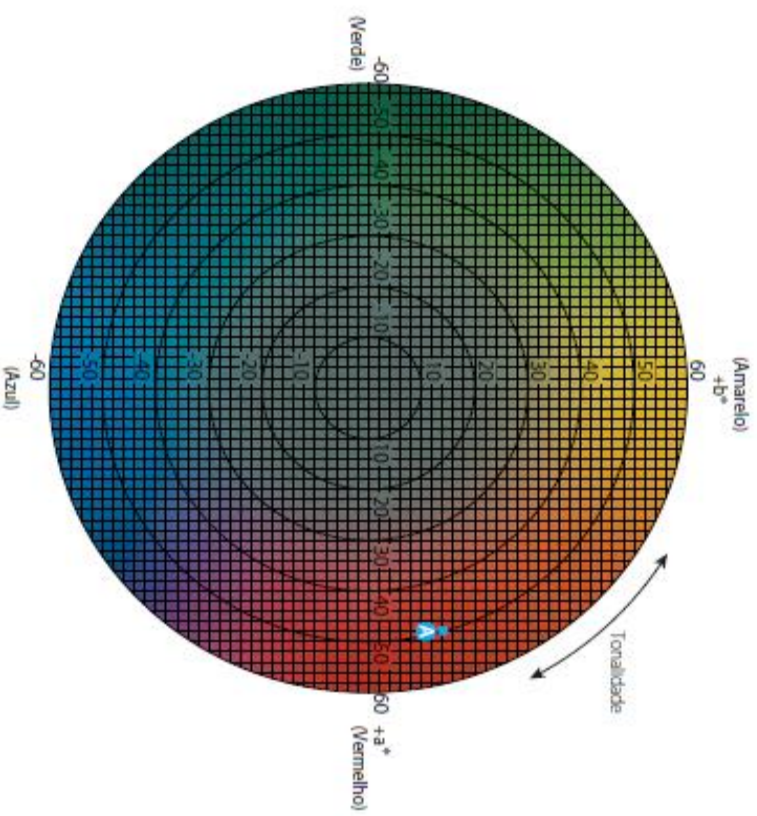


Figura 8: Diagrama de cromaticidade a^* , b^* . Fonte: Konica Minolta (1998).

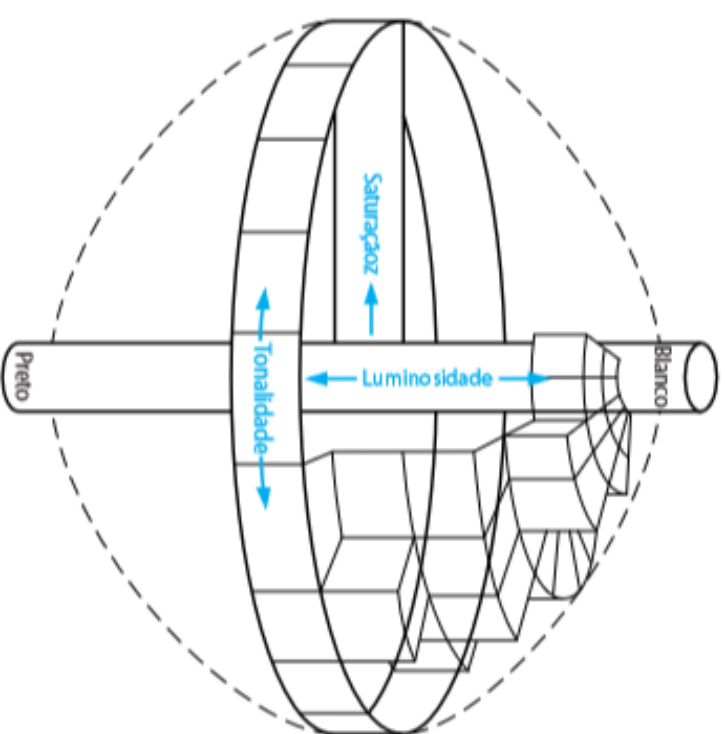


Figura 9: Diagrama de cromaticidade e luminosidade. Fonte: Konica Minolta (1998).

6 RESULTADOS E DISCUSSÃO

6.1 Experimento I

A partir da análise de variância verificou-se a presença de efeitos significativos, tanto nos clones de batata-doce quanto nas estações (verão e inverno), para a variável Fator de Reprodução (FR), pelo teste F. As estimativas do coeficiente de variação genética foram de 45,22; 42,21 e 30,99 para *M. enterolobii*, *M. incognita*, e *M. javanica*, respectivamente. Esses valores são altos e indicam que há variabilidade genética (**Tabela 4, 5 e 6**).

As raízes do tomateiro da cultivar 'Rutgers' proporcionaram na estações do verão e do inverno um Fator de Reprodução (FR) igual a 80,16 e 54,76 para *M. enterolobii*; de 43,96 e 29,51 para *M. incognita* e de 90,88 e 77,17 para *M. javanica*, comprovando a viabilidade dos inóculos e as condições ambientais adequadas para o desenvolvimento das espécies em estudo.

Além disso, foi possível confirmar neste trabalho que os clones de batatas-doces suscetíveis às espécies em estudo apresentaram microgalhas nas suas raízes secundárias, o que dificultaria as avaliações se as mesmas não tivessem sido coloridas com floxina B.

Tabela 4: Fator de reprodução (FR) e Reação de Acessos (RA) de clones de batata-doce aos nematoides de galha *Meloidogyne enterolobii*. Departamento de Proteção de Plantas, 2013 - 2014.

Clones de batata-doce	VERÃO		INVERNO	
	FR	RA	FR	RA
CNPH 1195	0 cA	R	0 cA	R
CNPH 1298	0 cA	R	0 cA	R
CNPH 1358	0 cA	R	0 cA	R
CNPH 1365	0 cA	R	0 cA	R
BRS Amélia	0 cA	R	0 cA	R
Canadense	0 cA	R	0 cA	R
Uruguaiana	0 cA	R	0 cA	R
Beauregard	41 bA	S	24,02 bB	S
Tomate	80,16 aA	S	54,76 aB	S
F			9,09**	
CV(%)			45,22	

**Significativo a 1% pelo teste F. Médias seguidas da mesma letra minúscula nas linhas e mesma letra maiúscula nas colunas, não diferem entre si pelo teste Tukey.

Para a espécie *M. enterolobii*, o FR variou de 0 a 41 no verão e de 0 a 24,02 no inverno. O clone Beauregard de cor de polpa alaranjada apresentou o maior FR no verão (41) e no inverno (24,02), sendo suscetível (S) à espécie. Esses dados corroboram com os estudos de Carmona (2015) que, ao avaliar 44 clones de batata-doce quanto ao FR, verificou 36 clones suscetíveis, dentre elas a cultivar Beauregard com FR de 6,53. Os clones BRS Amélia, Canadense, Uruguaiana, CNPH 1195, CNPH 1298, CNPH 1358 e CNPH 1365 comportaram-se como resistentes (R), com fator de reprodução menor que 1 ($FR < 1$). Esses resultados diferem dos encontrados por Carmona (2015) que, ao avaliar 44 clones de batata-doce, constatou que os clones Beauregard, CNPH 1195, CNPH 1298, CNPH 1358 e CNPH 1365 foram suscetíveis ($FR > 1$) a essa espécie. Entretanto, esse resultado não pode ser exatamente comparável porque utilizou metodologia diferente, ou seja, baseou-se no número de massas de ovos por sistema radicular.

Tabela 5: Fator de reprodução (FR) e Reação de Acessos (RA) de clones de batata-doce aos nematoides de galha *Meloidogyne incognita* (raça 2). Departamento de Proteção de Plantas, 2013 - 2014.

Clones de batata-doce	VERÃO		INVERNO	
	FR	RA	FR	
CNPH 1195	0 cA	R	0 cA	R
CNPH 1298	0 cA	R	0 cA	R
CNPH 1358	0 cA	R	0 cA	R
CNPH 1365	0 cA	R	0 cA	R
Canadense	0 cA	R	0 cA	R
Uruguaiana	0 cA	R	0 cA	R
Beauregard	0,59 cA	R	0,31 cA	R
BRS Amélia	14,47 bA	S	8,67 bB	S
Tomate	43,96 aA	S	29,51 aB	S
F	11,70**			
CV(%)	42,21			

**Significativo a 1% pelo teste F. Médias seguidas da mesma letra minúscula nas linhas e mesma letra maiúscula nas colunas não diferem entre si pelo teste Tukey.

Para a espécie *M. incognita* (raça 2) o fator de reprodução (FR) dos clones de batata-doce variaram de 0 a 14,47 no verão e de 0 a 8,67 no inverno. O clone BRS Amélia, de cor de polpa alaranjada, apresentou-se suscetível ($FR < 1$) nas duas estações com FR de 14,47 e 8,67, respectivamente. Os clones Canadense, Uruguaiana e CNPH 1195 de cor de polpa branca e os clones Beauregard, CNPH 1298, CNPH 1358 e CNPH 1365 de cor de polpa alaranjada comportaram-se como resistentes ($FR \geq 1$) nas duas estações, corroborando com os trabalhos de Kalkmann et al. (2013) que, ao avaliarem 24 clones de batata-doce, encontraram nove com variação de cor de polpa entre o branco, alaranjado pálido e alaranjado intenso (CNPH 1200, CNPH 1210, CNPH 1199, CNPH 1229, CNPH 1230, CNPH 1202, CNPH 1231, CNPH 1216 e CNPH 1209), resistentes tanto à raça 1 quanto à raça 4 de *M. incognita*. Entretanto, os resultados são diferentes dos encontrados por Carmona (2015) que, ao avaliar 44 clones de batata-doce, constatou que os clones Beauregard, CNPH 1195, CNPH 1298 e CNPH 1365 foram suscetíveis à *M. incognita* (raça 1), e somente o clone CNPH 1358 mostrou-se resistente.

Tabela 6: Fator de reprodução (FR) e Reação de Acessos (RA) de clones de batata-doce aos nematoides de galha *Meloidogyne javanica*, em duas estações. Departamento de Proteção de Plantas, 2014 - 2015.

Clones de batata-doce	VERÃO		INVERNO	
	FR	RA	FR	RA
Beauregard	0,19dA	R	0,15dA	R
CNPH 1298	0,25cA	R	0,21cA	R
CNPH 1358	0,32cA	R	0,30cA	R
CNPH 1365	0,47cA	R	0,72cB	R
BRS Amélia	0,92cA	R	0,89cB	R
Canadense	2,84bA	S	1,31bB	S
Uruguaiana	3,02bA	S	2,98bB	S
CNPH 1195	3,36bA	S	3,25bA	S
Tomate	90,88 aA	S	77,17aB	S
F			17,41**	
CV(%)			30,99	

**Significativo a 1% pelo teste F. Médias seguidas da mesma letra minúscula nas linhas e mesma letra maiúscula nas colunas não diferem entre si pelo teste Tukey.

Para a espécie *M. javanica*, o fator de reprodução variou de 0,19 a 3,36 no verão e de 0,15 a 3,25 no inverno, um resultado baixo quando comparado ao FR do tomate que foi de 90,88 (verão) e 77,17 (inverno). Os clones Canadense, Uruguaiana e CNPH 1195 de cor de polpa branca comportaram-se como suscetíveis ($FR > 1$), enquanto os clones BRS Amélia, Beauregard, CNPH 1298, CNPH 1358 e CNPH 1365 de cor de polpa alaranjada (pálido e intenso) comportaram-se como resistentes ($FR < 1$). Esses resultados foram similares para as duas estações. De forma semelhante, Cervantes-Flores et al. (2002b), ao avaliarem 26 genótipos, encontraram 11,54% de clones suscetíveis a *M. javanica*, dentre os quais a cultivar Beauregard ($FR > 1$). Ao avaliarem o fator de reação de 25 clones de batata-doce a *M. javanica*, Chaves et al. (2013) observaram que apenas os clones BDFMI-03 e BDFMI-51 foram suscetíveis, enquanto os demais clones (92%) foram classificados como muito resistentes, levemente resistentes e moderadamente resistentes.

6.2 Experimento II

Na Tabela 1 são apresentados os valores médios de rendimento das raízes tuberosas para os clones avaliados.

Tabela 7. Produtividade total (PT), produtividade comercial (PC) e refugo (RF) de clones de batata-doce, cultivados em duas épocas de plantio, São Manuel/SP, 2014.

Clones de batata-doce	PT (t ha ⁻¹)		PC (t ha ⁻¹)		RF (t ha ⁻¹)	
	Primavera	Verão	Primavera	Verão	Primavera	Verão
Beauregard	22cB	43bA	14bB	37aA	8eA	5eA
BRS Amélia	26bcB	36cA	16abB	28bcA	10cdA	8deA
CNPH 1195	24cB	28dA	6cB	15eA	18aA	13bcB
CNPH 1298	31bB	52aA	18abB	31aA	13bcB	22aA
CNPH 1358	23cB	36cA	13bB	20deA	10cdB	17bA
CNPH 1365	24cB	35cA	14bB	22dA	11cdA	13bcA
Uruguaiana	37aB	35cA	21aA	23cdA	17abA	12cdB
Canadense	39aA	32cdA	20aA	19deA	18aA	12cdB
F	37,7**		20,3**		15,5**	
C.V%	7,16		11,27		15,53	

Médias seguidas pela mesma letra minúscula na coluna e maiúscula na linha não diferem significativamente pelo teste Tukey a 5%. ** = significativo a 1 % pelo teste F.

Houve diferença significativa no rendimento das raízes tuberosas entre os clones e as estações. A produção média de raízes tuberosas obtida no cultivo do verão foi superior ao primeiro cultivo, embora os resultados alcançados em ambos os cultivos estejam acima da média nacional, que é de 13 t ha⁻¹ (IBGE, 2013). A baixa produção do cultivo da primavera pode estar relacionada às condições climáticas da estação (Tabela1).

No rendimento total das raízes tuberosas, os clones Canadense (39 t ha⁻¹) e Uruguaiana (37 t ha⁻¹), ambos de polpa branca, apresentaram um ganho de 4 a 6 t ha⁻¹ no cultivo da primavera, enquanto no cultivo do verão apresentaram um aumento significativo de 4 a 21 t ha⁻¹. O clone CNPH 1298 de cor de polpa alaranjada intenso apresentou o melhor resultado, 52 t ha⁻¹. Esses valores foram bem superiores aos encontrados por Cardoso et al. (2005), que avaliaram a produtividade total de 16 clones em Vitória da Conquista/BA, com valor médio de 28,5 t ha⁻¹.

No rendimento comercial, houve um aumento de 7 a 23 t ha⁻¹ entre as estações e entre os clones, com exceção da cultivar Canadense, provavelmente

devido às perdas em campo. No cultivo da primavera, as cultivares Canadense (20 t ha⁻¹) e Uruguaiana (21 t ha⁻¹) mantiveram os maiores valores apesar das grandes perdas em campo de 18 e 17t ha⁻¹, respectivamente. No cultivo do verão, os clones Beauregard (37 t ha⁻¹) e CNPH 1298 (31 t ha⁻¹) destacaram-se quanto ao rendimento. Esses valores ficaram próximos aos de Melo et al. (2010) que, ao avaliarem sete clones de batata-doce em cinco locais de Brasília/DF, obtiveram rendimentos médios de 30,14t ha⁻¹ (Beauregard), 33,63t ha⁻¹ (Canadense) e 20,43t ha⁻¹ (Uruguaiana).

As menores perdas – refugo - no cultivo da primavera foi com o clone Beauregard de cor de polpa alaranjada e na estação do verão foram com os clones BRS Amélia e Beauregard, e isso se deu, devido à maior adaptabilidade as diferentes condições ambientais em que foram avaliadas. As perdas ocorridas no cultivo da primavera foram caracterizadas por raízes tuberosas muito rachadas e pequenas, onde a fase de tuberização (90/105 dias a 120/180 dias) coincidiu com um maior índice pluviométrico (Tabela 1), o que nos sugere que: 1) as raízes tuberosas absorveram uma grande quantidade de água, causando uma pressão interna tão grande que racharam no sentido do comprimento; 2) o uso da adubação de cobertura (nitrogênio) pode ter ocasionado um grande crescimento vegetativo em detrimento das raízes tuberosas, originando raízes muito pequenas; 3) a deficiência de boro ocasionado pelo excesso de nitrogênio e pelo índice de precipitação originou rachaduras longitudinais. Na colheita do verão, as perdas foram caracterizadas por raízes muito grandes e rachadas. Dentre as possíveis causas, podemos citar que: 1) pela maior permanência em campo das raízes tuberosas, ou seja, a epiderme não conseguiu acompanhar o crescimento e rachou, o que nos sugere que a colheita deveria ter sido antecipada; 2) o solo apresentava outra espécie ou raça de nematoides ou os clones que se comportaram como resistentes em ambiente protegido mudaram seu comportamento dentro das condições edafoclimáticas do município de São Manuel; 3) os clones apresentam ciclos menores para as condições de cultivo dessa estação.

O clone CNPH 1195 de cor de polpa branca apresentou produtividade total de 24 e 28 t ha⁻¹ na estação do verão e do inverno, respectivamente. Entretanto, suas perdas foram altas para a finalidade desse trabalho - que é a indicação para mesa - além de ter apresentado aspecto ruim. Todavia, mostrou-se um material promissor ao setor industrial, porque possui características relevantes como: massa fresca alta (> 400 g) e cor de polpa branca (não mancha e/ou escurece a polpa de outros materiais

quando misturados nos processos industriais e também não modifica a coloração do amido durante o processamento).

Na Tabela 8 são apresentados os valores médios de comprimento, diâmetro e massa fresca das raízes tuberosas para os clones avaliados. Houve diferença entre os clones e as estações, sendo que os maiores valores foram alcançados na estação do verão.

Tabela 8. Resultados médios de comprimento (cm), diâmetro (cm) e massa fresca (g) de clones de batata-doce, cultivadas em duas épocas de plantio, São Manuel/SP,2014.

Clones de batata-doce	Comprimento (cm)		Diâmetro (cm)		Massa Fresca (g)	
	Primavera	Verão	Primavera	Verão	Primavera	Verão
Beauregard	19,2 aB	20,5 bA	6,5 cdB	8,6 bA	255cB	354bA
BRS Amélia	17,5 cdB	18,7 bcA	6,3 cdB	8,1 bcA	243cB	334bA
CNPH 1195	14,3 eB	15,4 dA	7,3 abB	10,9 aA	407aB	463aA
CNPH 1298	17,5 cdB	18,7 bcA	6,7 cdB	7,8 cdA	258cB	339bA
CNPH 1358	17,4 bcB	18,7 bcA	6,8 bcB	7,4 dA	235cB	364bA
CNPH 1365	18,1bcB	21,6 aA	6,2 dB	7,5 dA	257cB	345bA
Uruguaiana	18,7 abB	20,2 bA	7,3 abB	8,6 bA	344bA	336bA
Canadense	18,7 abB	20,6 bA	7,5 aB	8,2 bcA	361abA	344bA
F	9,0**		24,95**		8,18**	
C.V%	1,95		3,50		7,78	

Médias seguidas pela mesma letra minúscula na coluna e maiúscula na coluna, não diferem significativamente pelo teste de Tukey a 5%. ** = significativo a 1 % pelo teste F.

Para a característica comprimento, os clones Beauregard (19,2 cm) e CNPH 1365 (21,6 cm), ambos de cor de polpa alaranjada intensa, apresentaram os maiores valores no cultivo da primavera e do verão, respectivamente. O clone Beauregard atendeu ao critério de classificação do mercado brasileiro, descrito por Miranda et al. (1995), que é de 12 a 16 cm, enquanto o clone CNPH 1365 atendeu aos critérios de classificação internacional, que é de 20 cm de comprimento (SILVA et al., 2008). O clone CNPH 1195 (14,3 e 15,4 cm) de cor de polpa branca apresentou o menor valor nas duas épocas de plantio devido ao seu formato arredondado. Esses dados estão bem semelhantes aos encontrados por Cavalcante et al. (2003) que, ao avaliarem 14 clones em Alagoas, encontraram o maior comprimento no valor de 20,78 cm.

A característica diâmetro está intimamente relacionada com a massa fresca e a produtividade. No cultivo da primavera, o clone Canadense (7,5 cm) apresentou o melhor valor, enquanto na estação do verão, foram os clones Beauregard e Uruguaiana, ambos com 8,6 cm, que acumularam mais nutrientes em suas raízes, apesar

de estatisticamente o clone CNPH 1195 ter apresentado o melhor valor ainda que não possuísse padrão para mesa. Esses resultados foram semelhantes aos encontrados por Silva et al. (2012) e Queiroga et al. (2007) que, após 180 e 150 dias, encontraram valores médios de 7,22 e 5,12, respectivamente. Ambos os autores atenderam aos critérios de classificação do mercado brasileiro descrito por Miranda et al. (1995), que é de 5 a 8 cm.

Para a característica massa fresca no cultivo da primavera, os clones Uruguaiana (344 g) e Canadense (361 g), de cor de polpa branca, alcançaram a máxima classificação (Extra A). No cultivo de verão, todos os clones alcançaram classificação Extra A, com uma variação de 334 a 364 g. Essa classificação foi distinta dos valores encontrados por Cardoso et al. (2005), que avaliaram 16 clones em Vitória da Conquista/BA e classificaram seus materiais como Diversos (<150 g) para uma variação de massa fresca variando entre 73 a 139 g. O clone CNPH 1195 foi classificado como Diversos, com peso de massa variando de 407 a 463 g no cultivo de primavera e de verão, respectivamente.

A partir da tabela 9, todas as variáveis avaliadas são oriundas apenas do cultivo do verão, num ciclo de 150 dias.

Tabela 9: Valores médios de pH, AT, SS, açúcar total, açúcar redutor, sacarose e amido, nas raízes tuberosas de batata-doce. Laboratório de Frutos e Hortaliças. Faculdade de Ciências Agrônomicas/FCA, 2014.

Clones de batata-doce	pH	AT (%)	SS (°Brix)	Ratio	Açúcar Total (%)	Açúcar Redutor (%)	Sacarose (%)	Amido (%)
Beauregard	5,87	0,22	7,93c	1,74	2,31ab	1,30ab	0,96a	7,58c
BRS Amélia	6,04	0,23	10,7a	2,46	1,77b	0,79b	0,93a	11,37a
CNPH 1195	6,12	0,16	7,8c	1,25	1,96ab	1,43ab	0,51ab	6,52c
CNPH 1298	5,98	0,24	10ab	2,40	2,24ab	1,42ab	1,02a	7,55c
CNPH 1358	5,81	0,22	10,3a	2,27	1,83b	0,80b	0,98a	7,84c
CNPH 1365	6,03	0,20	8,8bc	1,76	3,03a	1,78a	1,19a	10,47ab
Uruguaiana	6,08	0,17	8,0c	1,36	2,21ab	1,60a	0,34ab	8,16bc
Canadense	6,39	0,18	6,2d	1,12	1,62b	1,37ab	0,33b	8,15bc
F	1,3 ^{ns}	1,9 ^{ns}	30,3**	1,6 ^{ns}	8,1**	4,9**	5,9**	10,3**
CV (%)	5,3	21,2	6,4	17,6	24	24,1	59,5	11,9

Médias seguidas pela mesma letra não diferem significativamente pelo teste de Tukey a 5%; **significativo a 1% de probabilidade; ns - não significativo.

Podemos observar que, com exceção das variáveis pH, acidez e *Ratio*, todos os clones apresentaram variabilidade para as características avaliadas.

Os valores médios de pH e acidez não apresentaram diferença significativa entre os clones avaliados. O pH ficou próximo à neutralidade com uma oscilação de 5,81 (CNPH 1358) a 6,39 (Canadense), mantendo-se dentro da faixa recomendada para frutas e hortaliças, que é de 5,5 a 7,0 (VANETTI, 2000); e a acidez oscilou de 0,16 (CNPH 1195) a 0,24 (CNPH 1298). Em trabalhos realizados por Franco et al. (2001), os valores médios de pH e acidez encontrados para batata-doce foram de 6,9 e 7,93%, respectivamente. Esses valores se aproximaram dos encontrados neste trabalho para pH, porém diferiram bastante dos valores aqui obtidos para acidez. Roesler et al. (2008), avaliando o pH e a acidez em duas épocas de colheita, observaram que para todas as variedades, o pH aumentou da primeira para a segunda época (6,04 a 6,47%), e a acidez, conseqüentemente, diminuiu (2,48 a 0,65%), ficando os valores da segunda época de colheita mais próximos aos obtidos neste trabalho. De acordo com Franco et al. (2001), o aumento de pH pode ser decorrente da transformação de açúcares por enzimas sintetases de amido, as quais originam o grânulo de amido. E segundo Roesler et al. (2008), quanto menor for a acidez, mais agradável é o sabor do alimento. Portanto, pode-se considerar que todos os clones avaliados neste trabalho apresentaram sabor agradável.

Para Sólidos Solúveis houve diferença significativa com uma variação de 6,2 a 10,7, sendo que os clones BRS Amélia (10,7°Brix) e CNPH 1358 (10,3°Brix) de polpas alaranjadas apresentaram os melhores resultados. O clone Canadense (6,2°Brix) de cor de polpa branca apresentou um sabor menos adocicado. Esses valores ficaram próximos dos encontrados por Silveira et al. (2011), que avaliaram dez clones de batata-doce de polpa alaranjada e encontraram valores variando de 9 a 12,33 °Brix; porém ficaram abaixo dos valores encontrados por Roesler et al. (2008), que avaliaram quatro clones de batata-doce e encontraram valores na primeira época de colheita variando de 11,54 a 18,17 °Brix, e na segunda época de colheita variando de 12,08 a 17,64 °Brix. Para Manica et al. (1998), os teores de SS são decisivos na manutenção do sabor, do aroma, da cor e da textura de frutos e hortaliças.

Os valores médios para *Ratio* não apresentaram diferença significativa na relação entre sólidos solúveis totais e acidez. Mas percebe-se que o maior valor foi encontrado com o clone CNPH 1195 (2,46) podendo ser considerado o clone mais precoce e isso, é confirmado pelo alto índice de perdas em campo com raízes tuberosas muito grandes e rachadas em ambos os cultivos, primavera (180 dias) e verão (150 dias). Já o clone Canadense (1,12) apresentou o menor valor, podendo ser

considerado um material mais tardio, e isso é confirmado pelo baixo rendimento médio alcançado no cultivo de verão.

Para açúcar total e açúcar redutor, as raízes apresentaram teores de 1,62 a 3,03% e de 0,79 a 1,78%, respectivamente. O clone CNPH 1365 de polpa alaranjada apresentou o maior valor para açúcar total (3,03%) e para açúcar redutor (1,78%), ou seja, era o material com sabor mais acentuado. O clone Canadense de polpa branca apresentou o menor resultado para açúcar total (1,62%), e a BRS Amélia de polpa alaranjada apresentou o menor resultado para açúcar redutor (0,79%). Esses valores diferiram dos encontrados por Junior et al. (2012), que encontraram valores de 2,3 a 3,5% para açúcar total e de 0,9 a 1,3% para açúcar redutor. Para Picha (1985) e Leonel e Cereda (2002), a presença de glicose acentua o sabor das raízes tuberosas, tornando-as aptas tanto ao consumo de mesa quanto ao uso na indústria para extração do amido e produção de hidrolisados e fermentados. Entretanto, Senanayake et al. (2013) citam que os altos níveis de açúcares redutores nas raízes tuberosas são os principais responsáveis pelo escurecimento dos produtos processados em altas temperaturas, influenciando principalmente a aparência e o sabor dos alimentos.

Para a variável sacarose, os clones BRS Amélia, Beauregard, CNPH 1298, CNPH 1358 e CNPH 1365, todos de polpa alaranjada, não diferiram entre si e apresentaram as maiores porcentagens com 0,96; 0,93; 1,02; 0,98 e 1,19%, respectivamente, enquanto o clone Canadense apresentou a menor porcentagem com 0,33%. Todas as raízes tuberosas de cor de polpa alaranjada possuem sabor mais adocicado e ao ser consumida pode ser utilizada pelo organismo com reserva de energia. E lembrando, que a sacarose é um sinal regulador chave que determina o metabolismo e a biossíntese de amido (AHN et al., 2010).

Os teores de amido diferiram estatisticamente com uma variação de 6,52 a 11,37%. O clone BRS Amélia (11,37%) apresentou a maior porcentagem e os clones Beauregard (7,58%), CNPH 1298 (7,55%) e CNPH 1358 (7,84%), os menores rendimentos, sendo todos de polpa alaranjada. Esses resultados aproximaram-se dos obtidos por Leonel e Cereda (2002), 14,72%, porém foram inferiores aos encontrados por Silveira et al. (2011), de 26 a 30,66% e Junior et al. (2012), de 16 a 23,9%. Para o consumo de mesa essa característica é agradável pois quanto menor o teor de amido, mais agradável será o sabor das raízes tuberosas, porém para a indústria o interessante são materiais com altos teores de amido para a extração de fécula, produção de álcool, entre outros subprodutos.

Tabela 10. Valores médios de matéria graxa, proteína total, fibra, umidade e cinzas nas raízes tuberosas de batata-doce. Laboratório de Frutos e Hortalças. Faculdade de Ciências Agrônômicas/FCA, 2014.

Clones de batata-doce	Matéria Graxa (%)	Proteína Total (%)	Fibra (%)	Umidade (%)	Cinzas (%)
Beauregard	0,02 e	1,46a	1,75 a	79,0 ab	4,50a
BRS Amélia	0,03de	1,46a	1,79 a	70,3 c	4,41a
CNPH 1195	0,04 cde	1,03b	1,62 a	80,7 a	3,62b
CNPH 1298	0,29a	1,45a	1,66 a	77 abc	4,06a
CNPH 1358	0,09 bcd	1,05a	1,72 a	78,1 ab	4,40a
CNPH 1365	0,09 bcd	1,44a	0,63 b	73,1bc	5,20a
Uruguaiiana	0,10 bc	1,02b	0,78 b	76,6 abc	3,19b
Canadense	0,12 b	1,03b	1,48 a	77,9 ab	3,50b
F	36,2**	19,3**	26,4**	4,01**	6,60**
CV (%)	29,8	9,5	12,5	4,01	9,13

Médias seguidas pela mesma letra não diferem significativamente pelo teste de Tukey a 5%; **significativo a 1% de probabilidade.

O teor de matéria graxa nas raízes tuberosas variou de 0,02 a 0,3%. Os clones CNPH 1298 e Beauregard de cor de polpa alaranjada apresentaram a maior e menor porcentagem de gordura com 0,29 e 0,02%. Estes valores foram abaixo dos encontrados por Ray et al. (2012) e Jangchud et al. (2003), de 0,4 e 0,7%, respectivamente. Evidencia-se nesse trabalho que os teores de matéria graxa variaram em pequena proporção entre os clones em relação a toda a matéria seca existente nas raízes tuberosas.

Para proteína total, os clones Beauregard (1,46%), BRS Amélia (1,46%), CNPH 1298 (1,45%) e CNPH 1365 (1,44%) de polpas alaranjadas apresentaram os maiores valores, enquanto os clones CNPH 1195 (1,03%), Canadense (1,03%) e Uruguaiiana (1,02%) de polpas brancas e CNPH 1358 (1,05%) de polpa alaranjada apresentaram os menores valores. Os resultados foram similares aos encontrados por Grabowski et al. (2007), de 1,0 a 1,2 %, porém menores do que os encontrados por Jangchud et al. (2003), de 1,9 a 2,6%. Essas variações ocorridas entre os resultados dos autores estão atribuídas à constituição genética dos diferentes clones de batata-doce e às condições edafoclimáticas dos diferentes experimentos. No entanto, Rimbach e de Pascual-Teresa (2005) citam que a concentração de proteínas é uma característica que pode ser modificada via melhoramento genético, para obtenção de materiais mais promissores.

Os maiores teores de fibra foram para os clones Canadense, CNPH 1195, CNPH 1298, CNPH 1358, Beauregard e BRS Amélia com 1,47, 1,62, 1,66, 1,72, 1,75 e 1,79%, respectivamente. Os menores teores foram alcançados com os clones CNPH 1365 (0,63%) e Uruguaiana (0,78%). Esses resultados foram similares aos de Roesler et al.(2008), que encontraram um teor de fibra de 2,70% para o clone CNPH 003, porém discrepantes em relação aos dados de Junior et al. (2012) que, ao avaliarem doze genótipos de batata-doce, encontraram uma variação de fibra de 7,6 a 8,1%. Para o consumo de mesa, os valores encontrados nesse trabalho estão muito baixos, pois as fibras alimentares são importantes à saúde, fornecendo benefícios ao nosso organismo como a regularização do funcionamento intestinal. Em contrapartida, Franco et al. (2001) e Leonel et al. (2005) citam que, para a indústria, materiais pobres em fibras são muito mais relevantes porque retêm fécula, dificultando o processo de moagem e alterando o rendimento final do amido.

Os teores de umidade variaram de 70,03 a 80,07%. O maior teor de umidade foi observado no clone CNPH 1195 (80,7%) de cor de polpa branca; e o menor teor no clone BRS Amélia (70,3%) de cor de polpa alaranjada, o que lhe garantiu um sabor mais seco, ressaltando sua doçura. Esses resultados foram semelhantes aos observados por Tomlins et al. (2012) que, estudando onze clones de batata-doce de cor de polpa variando do branco ao alaranjado, verificaram teores de umidade na faixa de 60,6 (var. Dimbuka) a 73,2% (var. SPK004/6/6). Figueiredo (2010) e Gonçalves Neto (2011) explicam que baixos teores de umidade são desejáveis tanto para o consumo de mesa, uma vez que a preferência do consumidor brasileiro é por raízes tuberosas com polpa seca, quanto para o uso como matéria-prima na indústria, pois altos teores de matéria seca proporcionam maiores rendimentos durante a extração de amido.

Um fato interessante e citado por Senanayake et al. (2013) é que a concentração de umidade está intimamente relacionada às variações genéticas, ao nível de água no solo, aos fatores fisiológicos, ao tempo e às condições de armazenamento. O segundo destes fatores (nível de água no solo) pode justificar a alta umidade encontrada nos clones avaliados neste trabalho, pois nos últimos 60 dias houve chuva em excesso na estação experimental (Tabela 2), o que pode ter originado as altas umidades, partindo do princípio de que a batata-doce é uma raiz e por isso puxa água em abundância, se esta for sua condição de desenvolvimento.

Os teores de cinza variaram numa faixa de 3,19 a 5,20%, sendo que os maiores valores foram alcançados com os clones de cor de polpa alaranjada BRS

Amélia (4,41%), Beauregard (4,50%), CNPH 1195 (4,06%), CNPH 1358 (4,40%) e CNPH 1365 (5,20%). Essas variações entre os melhores materiais foram condizentes com a pesquisa de Xu et al. (2014), que verificou um teor de cinza de 4,3% para a variedade de batata-doce P40, de polpa roxa. Os clones Canadense (3,19%) e Uruguaiana (3,50%) de cor de polpa branca apresentaram os menores teores, mas ainda assim superiores ao menor valor encontrado por Silveira et al. (2011), que foi de 0,59% com o clone BD#09. Esse teor de cinza encontrado na batata-doce é o resíduo inorgânico que permanece após a queima da matéria orgânica, representando a quantidade de minerais existentes na raiz tuberosa.

Tabela 11. Valores médios de antioxidantes (DPPH), compostos fenólicos e antocianinas de raízes tuberosas de batata-doce. Laboratório de Frutos e Hortaliças. Faculdade de Ciências Agrônômicas/FCA, 2014.

Clones de batata-doce	Antioxidante-DPPH (%)	Compostos Fenólicos (mg de ácido gálico.100g⁻¹)	Antocianina (mg.100g⁻¹)
Beauregard	68,08abc	26,64bcd	107,3b
BRS Amélia	74,79abc	35,56ab	93,6bc
CNPH 1195	64,37bc	18,35d	58,51cd
CNPH 1298	77,89a	32,00abc	161,2a
CNPH 1358	76,22abc	24,89bcd	78,7bcd
CNPH 1365	76,60ab	40,33a	109,3b
Uruguaiana	66,16abc	20,84cd	45,88d
Canadense	63,98c	16,35d	38,18d
F	4,95**	10,2**	16,8**
CV (%)	7,50	19,84	22,76

Médias seguidas pela mesma letra não diferem significativamente pelo teste de Tukey a 5%; **significativo a 1% de probabilidade.

Para antioxidantes houve diferença significativa entre os clones, sendo que o clone CNPH 1298 (77,89%) de polpa alaranjada apresentou o maior valor, e o clone Canadense de polpa branca o menor valor (63,98%). Estes compostos são importantes porque minimizam a peroxidação lipídica que envolve reações de deterioração nas raízes tuberosas após a sua colheita.

Desse total de antioxidantes, o clone CNPH 1365 apresentou o maior valor de compostos fenólicos com 40,33mg de ácido gálico.100g⁻¹, originando um anel no centro da polpa, de coloração chumbo quando exposta ao ar, tornando-a uma raiz menos atrativa ao consumo devido ao escurecimento causado provavelmente pela

presença de enzimas fenoloxidasas. O clone CNPH 1298 de polpa alaranjada apresentou a maior concentração de antocianinas nas raízes tuberosas ($161,2 \text{ mg}\cdot 100\text{g}^{-1}$), agindo possivelmente na proteção contra pragas e doenças, e possivelmente foi o que o tornou o único clone tolerante a antracnose (*Colletotrichum gloeosporioides*). As concentrações desses componentes estão correlacionadas positiva e significativamente com a atividade antioxidante das plantas.

Os dados obtidos pela mensuração da cor no sistema Hunter e do teor de carotenoides totais das raízes de batata-doce estão expressos na Tabela 12. Os valores colorimétricos “L*”, “C*” e “H*” tanto para a película externa quanto para a polpa das raízes tuberosas demonstraram cores distintas para os genótipos de batata-doce, que corroboraram a aparência visual das raízes.

Com relação à película externa das raízes, os valores do componente acromático L*, que define o grau de brilho das amostras, e os valores de Chroma calculados (C*) não apresentaram diferença significativa entre os clones, ou seja, todos os materiais apresentaram peridermes mais escuras. Já quanto ao ângulo da tonalidade (H*) houve diferença estatística entre os clones. O clone CNPH 1358(60) apresentou o maior ângulo, aproximando-se da tonalidade laranja e amarelo para periderme, e os clones Canadense (13) e Uruguaiana (16) apresentaram os menores ângulos, aproximando-se da tonalidade vermelho-violeta para película externa.

Tabela 12. Valores médios para cor da casca, cor da polpa, carotenoides totais e betacaroteno de raízes tuberosas de batata-doce. Laboratório de Cromatografia Líquida. Embrapa Agroindústria de Alimentos, 2015.

Clones de batata-doce	Cor da Película			Cor da Polpa			Carotenoides Totais ($\mu\text{g } 100\text{g}^{-1}$)	Betacaroteno ($\mu\text{g } 100\text{g}^{-1}$)
	L*	C*	H*	L*	C*	H*		
Beauregard	29	40	37abc	81ab	53a	71abc	7820b	7039b
BRS Amélia	29	38	54ab	78ab	46a	74abc	5301c	4063c
CNPH 1195	26	36	29bc	93a	22b	92ab	0d	0d
CNPH 1298	32	40	56ab	70b	52a	62bc	10267a	9237a
CNPH 1358	28	35	60a	79ab	49a	62bc	8103ab	7099ab
CNPH 1365	27	36	46ab	80ab	46a	60c	11597a	10484a
Uruguaiana	23	40	16c	91a	39b	94ab	0d	0d
Canadense	26	37	13c	92a	33b	100a	0d	0d
CV (%)	16,2 ^{ns}	8,7 ^{ns}	32*	9,7*	23,2*	17,1*	30,88*	25,55*

Médias seguidas pela mesma letra não diferem significativamente pelo teste de Tukey a 5%; **significativo a 1% de probabilidade; L* (luminosidade); C* (Chroma); H* (ângulo da tonalidade).

Para a coloração da polpa houve diferença significativa entre todos os espaços de cores (L^* , C^* e H^*). As raízes com polpa branca foram mais claras, cujos valores de luminosidade (L^*) equivaleram a 91, 92 e 93 para os clones Uruguaiana, Canadense e CNPH 1195, respectivamente. Já os clones de polpa alaranjada apresentaram valores L^* variando de 70 a 81. Para o Chroma (C^*), os maiores valores alcançados foram com os clones BRS Amélia (46), Beauregard (53), CNPH 1298 (52), V1358 (49) e CNPH 1365 (46), indicando uma cor mais saturada desses materiais, mais próxima do alaranjado. Para o ângulo da tonalidade (H^*) os menores valores aliados à alta saturação dos clones CNPH 1365 (60), CNPH 1358 (62), CNPH 1298 (62), BRS Amélia (74) e Beauregard (71) apontaram uma cor alaranjada, variando de pálida a intensa, condizente com a cor de polpa observada nesses clones. O maior ângulo foi alcançado com o clone Canadense (100), indicando uma tonalidade pálida, não diferindo do Uruguaiana (94) e do CNPH 1195 (92).

Para o teor de carotenoides totais houve uma variação significativa entre os clones, percebida pelas diferentes cores da polpa (Tabela 11). Os clones CNPH 1298 e CNPH 1365, de polpas alaranjadas, apresentaram as maiores concentrações de carotenoides totais com 11597 e 10267 $\mu\text{g } 100\text{g}^{-1}$, o que já era esperado devido à intensidade alaranjada de suas polpas. Os clones Canadense, Uruguaiana e CNPH 1195 de cor de polpa branca não apresentaram teores de carotenoides: K'osambo et al. (1999) explicam que quanto mais clara for a polpa da batata-doce, menor é a proporção de carotenoides. Shekhar et al. (2015), em suas avaliações, encontraram teores de carotenoides totais de 6 $\mu\text{g } \text{g}^{-1}$ para um clone de cor de polpa branca e de 45 $\mu\text{g } \text{g}^{-1}$ para um clone de cor de polpa alaranjada. Champagne et al. (2010) explicam que essas diferenças encontradas pelos autores podem ser justificadas pelos diferentes genótipos e fatores ambientais, como a temperatura e o fotoperíodo, bem como pelos procedimentos de extração, pois Campos et al. (2006) citam que os carotenoides são pigmentos instáveis à presença de luz, calor, metais e oxigênio, condições muitas vezes presentes no período entre a colheita e o consumo final.

As maiores concentrações de betacaroteno foram encontradas nos clones Beauregard, CNPH 1298, CNPH 1358 e CNPH 1365, com valores de 7039, 9237, 7099 e 10484 $\mu\text{g } 100\text{g}^{-1}$, respectivamente. Wu et al. (2008), ao avaliarem clones de batata-doce de cor de polpa branca, amarela e alaranjada, 154 dias após o plantio, observaram diferentes resultados para os teores de betacaroteno, os quais: os clones de cor de polpa alaranjada apresentaram variações de 6,2 a 231,1 $\mu\text{g } \text{g}^{-1}$; os de cor de polpa amarela

variaram de 12,3 a 128,9 $\mu\text{g g}^{-1}$, e os de cor de polpa branca apresentaram variação entre 5,2 a 7,8 $\mu\text{g g}^{-1}$. Para Tomlins et al. (2012) e Wu et al. (2008), fatores como a cultivar, o local do plantio, condições ambientais (clima, tipo de solo, práticas agrícolas), duração do dia, estação do ano, época da colheita, estágio de maturação das raízes, tamanho e parte da raiz avaliada, manejo pós-colheita, processamento e armazenamento influenciam diretamente no conteúdo de betacaroteno.

7 CONSIDERAÇÕES FINAIS

Os clones Canadense e Uruguaiana de cor de polpa branca e o clone CNPH 1298 de cor de polpa alaranjada apresentaram boas produtividades e resistência às espécies *M. incognita* e *M. enterolobii*. Por outro lado, apresentaram as maiores perdas em campo, com valores acima da média nacional (13 t ha^{-1}), o que justifica a realização de mais pesquisas que abordem, além de outros aspectos culturais desses clones, o estabelecimento de épocas ideais de colheita.

Já as cultivares BRS Amélia e Beauregard de cor de polpa alaranjada apresentaram as menores perdas em campo, justificando a maior adaptabilidade às diferentes condições ambientais em que foram avaliadas. Porém, BRS Amélia foi suscetível a *M. incognita* e de forma distinta, Beauregard foi suscetível a *M. enterolobii*, nas duas estações. Essa suscetibilidade às espécies do gênero *Meloidogyne* pode ter ocorrido pela pressão excessiva de inóculo nas plantas ou porque a resistência a essas espécies já foi quebrada, e os clones não reagem mais como esperado.

Seguindo o mesmo raciocínio, o clone CNPH 1195 de cor de polpa branca apresentou produtividade elevada e resistência a *M. incognita* e *M. enterolobii*, porém, os formatos de suas raízes tuberosas não atendiam ao padrão de comercialização do

mercado brasileiro, e uma boa destinação para esse clone seria a indústria de alimentos, uma vez que, para essa finalidade, o formato não é importante, e sim, a produtividade. Além do que, a cor de polpa branca não mancharia outros materiais durante os processos industriais.

Os clones CNPH 1195, CNPH 1298, CNPH 1358 e CNPH 1365 (polpas alaranjadas) foram simultaneamente resistentes a *M. enterolobii*, *M. incognita* e *M. javanica*, sendo considerados os hospedeiros eficientes, porque inibiram a multiplicação das três espécies, e isso é de suma importância para o melhoramento genético pela perspectiva de se descobrir novos genes que conferem resistência para à espécie *Ipomoea batatas*.

Para a qualidade física, todos os clones apresentaram massa fresca, comprimento e diâmetro ideais para a comercialização brasileira, e apenas o clone CNPH 1195 de cor de polpa branca apresentou características não comerciáveis para mesa, presumindo-se que esse clone apresente potencial para mesa num ciclo menor do que seis (180 dias) e cinco (150 dias) meses com colheita mais precoce, permitindo a produção de raízes tuberosas dentro da classe extra A.

Para as características nutricionais, os clones BRS Amélia e CNPH 1358 de cor de polpa alaranjada apresentaram os maiores valores para SS, sendo as raízes de sabor mais adocicado. Os clones BRS Amélia, Beauregard, CNPH 1298, CNPH 1358 e CNPH 1365, ambas de cor de polpa alaranjada, apresentaram as maiores concentrações de sacarose e proteína. O clone BRS Amélia, de cor de polpa alaranjada, apresentou o maior conteúdo de amido, podendo ser consumida por pessoas portadoras de doenças celíacas, ou seja, que tem intolerância ao glúten.

Para matéria graxa, o clone CNPH 1298 de cor de polpa alaranjada foi o que apresentou maior teor. Os maiores teores de fibras foram alcançados com os clones BRS Amélia, Beauregard, CNPH 1298 e CNPH 1358 de cor de polpa alaranjada, e com os clones Canadense e CNPH 1195, de cor de polpa branca, estas raízes transformam mais rapidamente carboidrato em energia e ainda ajudam no bom funcionamento do organismo. O clone BRS Amélia apresentou menor teor de umidade, ou seja, material mais seco, ressaltando sua doçura. E os clones BRS Amélia, Beauregard, CNPH 1298, CNPH 1358 e CNPH 1365 de cor de polpa alaranjada apresentaram os maiores teores de cinzas.

No que concerne ao total de antioxidantes, o clone CNPH 1298 de polpa alaranjada destacou-se. E do total de antioxidantes, os clones CNPH 1298 e CNPH 1365 de cor de polpa alaranjada apresentaram as melhores concentrações para compostos fenólicos e antocianinas, respectivamente.

Para coloração da casca, o clone CNPH 1358 de cor de polpa alaranjada apresentou uma coloração mais escura, com o ângulo na coloração alaranjada enquanto, para cor da polpa, o clone CNPH 1365 apresentou uma coloração mais saturada, próxima da cor alaranjada intensa, o que está intimamente relacionado às maiores concentrações de carotenoides totais e betacaroteno desses materiais, indicando que esses clones são ricos em provitamina A, uma vitamina importante para o nosso organismo. As diferenças encontradas no conteúdo de carotenoides totais e betacaroteno entre as raízes explicam-se pelas diferenças na cor da casca e da polpa dos diferentes genótipos e dos fatores ambientais, como temperatura, radiação solar e fotoperíodo, bem como pelo tempo de armazenamento das amostras, exposição à luz e metodologia de extração utilizada. Porém, apesar desses materiais apresentarem boas concentrações de betacaroteno, isso não significa que essa vitamina será absorvida pelo organismo. A biodisponibilidade dos alimentos diz respeito à quantidade de nutrientes absorvidas e utilizadas pelo organismo, e nem todos os nutrientes consumidos são realmente utilizados, podendo existir interações entre substâncias ou entre os próprios nutrientes dos alimentos, que aumentam ou diminuem a utilização desses nutrientes. Para isso, torna-se necessário pesquisas mais direcionadas para essas avaliações.

De uma forma geral, todos os clones avaliados em ambos os cultivos apresentaram produtividades acima da média nacional e com exceção dos materiais de polpa branca, todos são excelentes fontes promissoras de vitamina A.

8 CONCLUSÃO

As cultivares, Canadense e Uruguaiana são recomendados como fonte de resistência a *M. incognita* e *M. enterolobii*; a cultivar Beauregard a *M. incognita* e a *M. javanica* e a cultivar BRS Amélia a *M. enterolobii* e *M. javanica*.

As cultivares Canadense e Uruguaiana de cor de polpa branca são recomendadas ao plantio na estação da primavera, entretanto, não são fontes promissoras de vitamina A; já o clone CNPH 1298 é fonte de vitamina A, e é recomendado ao cultivo de verão. As cultivares BRS Amélia e Beauregard de cor de polpa alaranjada, são recomendadas à produção em ambas as estações (verão e inverno) e são excelentes fontes de vitamina A.

Os clones CNPH 1298, CNPH 1358 e CNPH 1365, apesar de apresentarem bons resultados para produtividade agrícola e serem excelentes fontes de vitamina A, necessitam de novas avaliações em diferentes locais e estações, para que se possa analisar a sua estabilidade nas interações com o ambiente. E se mantiverem suas características, devem ser registradas e indicadas ao mercado como novas cultivares de batata-doce com potencial produtivo e nutricional ao consumo *in mesa*, como matéria-prima para indústria de alimento e ração animal.

9 REFERÊNCIAS

ANDRADE JÚNIOR, V. C. et al. Productive and qualitative characteristics of the vines and roots of sweet potato. **Horticultura Brasileira**, v. 30, n. 4, p. 584–589, 2012.

ASSOCIATION OF OFFICIAL ANALYTICAL CHEMISTRY. **Official methods of analysis of the association of official analytical chemistry international**. 18.ed. Gaithersburg, 2005. 1015p.

BARRERA, P. **Batata-doce: uma das doze mais importantes culturas do Mundo**. Coleção Brasil Agrícola, Editora Ícone, 2ª edição. 1989.

BENGTSSON, A. et al. Effects of various traditional processing methods on the all-trans- β -carotene content of orange-fleshed sweet potato. **Journal of Food Composition and Analysis**, v. 21, n. 2, p. 134–143, mar. 2008.

BONETTI, J.I.S.; FERRAZ, S. Modificações do método de Hussey & Barker para extração de ovos de *Meloidogyne exigua* em raízes de cafeeiro. **Fitopatologia Brasileira**, Brasília, DF, v. 6, n.3, p.553, 1981.

BORGES, A. et al. CTAB methods for DNA extraction of sweetpotato for microsatellite analysis. **Scientia Agricola**. (Piracicaba, Braz.), v.64, p.529-534, 2009.

BOVELL-BENJAMIN, A. C. Sweet potato: a review of its past, present, and future role in human nutrition. **Advances in food and nutrition research**, v.52, p.1-59, 2007.

- BRIDGERS, E. N.; CHINN, M. S.; TRUONG, V. D. Extraction of anthocyanins from industrial purple-fleshed sweetpotatoes and enzymatic hydrolysis of residues for fermentable sugars. **Industrial Crops and Products**, v. 32, n. 3, p. 613–620, 2010.
- CAMPOS, F. M. Provitamins A in vegetables marketed in formal and free market at Viçosa (MG), Brazil, during three seasons of the year. **Ciência e Tecnologia de Alimentos**, v. 26, n. 1, p. 33–40, 2006.
- CARDOSO, A. D. et al. Características físicas e sensoriais de clones de batata-doce, **Ciência e Agrotecnologia**, Lavras, v. 31, n. 6, p. 1760-1765, nov./dez., 2007.
- 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, 2005.
- CARNEIRO, R. M. D. G. et al. Primeiro registro de *Meloidogyne mayaguensis* parasitando plantas de tomate e pimentão resistentes à meloidoginose no estado de São Paulo. **Nematologia Brasileira**, v. 30, n. 1, p. 81–86, 2006a.
- CASTRO, L.A.S. de; Becker, A. Batata-doce BRS Amélia. **Folder**. Pelotas, RS: Embrapa Clima Temperado, 2011.
- CEREDA, M. P. et al. **Propriedades gerais do amido**. Campinas, Fundação Cargill, 2001.
- CEVALLOS-CASALS, B. A.; CISNEROS-ZEVALLOS, L. Stoichiometric and kinetic studies of phenolic antioxidants from Andean purple corn and red-fleshed sweetpotato. **Journal of agricultural and food chemistry**, v. 51, n. 11, p. 3313–3319, 2003.
- CHAMPAGNE, A. et al. Carotenoid profiling of tropical root crop chemotypes from Vanuatu, South Pacific. **Journal of Food Composition and Analysis**, v. 23, n. 8, p. 763–771, 2010.
- CHANDLER, L. A.; SCHWARTZ, S. J. Isomerization and losses of trans- β -carotene in sweet potatoes as affected by processing treatments. **Journal of Agricultural and Food Chemistry**, v. 36, n. 1, p. 129–133, 1988.
- 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).
- CHEN, Z. **Physicochemical properties of sweet potato starches and their application in noodle products**. The Netherlands: Wageningen University, 2003.
- CHISTÉ, R. C. et al. Quantificação de cianeto total nas etapas de processamento das farinhas de mandioca dos grupos seca e d'água. **Acta Amazônica**. v. 40, n. 1, p. 221–226, 2010.

CHITARRA, M. I. F.; CHITARRA, A. B. **Pós-colheita de frutos e hortaliças: fisiologia e manuseio**. Lavras: ESAL/Faepe, p.320, 1990.

CHITARRA, M.I.F.; CHITARRA, A.B. **Pós-colheita de frutas e hortaliças: fisiologia e manuseio**. 2. ed. rev. e ampl. Lavras: UFLA, p.785, 2005.

COLLINS, J. L. et al. Production and Evaluation of Milk-sweet Potato Mixtures Fermented with Yogurt Bacteria. **Journal of Food Science**. v. 53, n. 3, p. 685-688, 1991.

COMISSÃO NACIONAL DE NORMAS E PADRÕES PARA ALIMENTOS. **Normas técnicas especiais do Estado de São Paulo, revistas pela CNNPA relativas a alimentos e bebidas. Resolução nº12/78 da Comissão Nacional de Normas e Padrões para Alimentos**. Diário Oficial. Brasília, 24 de julho de 1978. Seção 1, pt I.

CRAFT, N. E.; SOARES, J. H. Relative solubility, stability, and absorptivity of lutein and Beta-carotene in organic solvents. **Journal of agricultural and food chemistry**, v. 40, n. 3, p. 431-434, 1992.

DÍAZ, J.; PUENTE, F. DE LA.; AUSTIN, D. Enlargement of fibrous roots in *Ipomoea* section batatas (*Convolvulaceae*). **Society for Economic Botany**, v.46, n. 3, p. 322-329. 1992.

EISENBACK, J. D.; TRIANTAPHYLLOU, H. H. Root-knot nematodes: *Meloidogyne* species and races. In: NICKLE, W. R (Eds). **Manual of agricultural nematology**. New York: USA, 1991. p. 191-274.

EITENMILLER, R; YE, L; LANDEN, W. **Vitamin analysis for the health and food sciences**. New York: Taylor & Francis Group, p. 3-68, 2008.

FAOSTAT. Produção mundial da batata-doce. Disponível em:<<http://faostat3.fao.org/faostat>. Acesso em: 14 set. 2013.

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

FIGUEIREDO, J. A. **Seleção de clones de batata-doce com potencial de utilização na alimentação humana e animal**. 2010. 55 f. Dissertação (Mestrado em Produção Vegetal)-Faculdade de Ciências Agrárias, Universidade Federal dos Vales do Jequitinhonha e Mucuri, Diamantina, 2010.

FIGUEIREDO J. A. et al. Avaliação de silagens de ramas de batata-doce. **Horticultura Brasileira**, v.30, p. 708-712, 2012.

FINLEY, A. M. Histopathology of *Meloidogyne chitwoodi* on Russet Burbank Potato. **Journal of Nematology**, v. 13, n. 4, p. 486-491, 1981.

FRANCO, C. M. L. et al. **Propriedades gerais do amido**: série culturas de tuberosas amiláceas latinoamericanas. São Paulo:Fundação Cargill, p. 224, 2001.

- FREITAS, J. A. et al. Resistência de clones de batata-doce, *Ipomoea batatas* L., aos nematoides causadores de galhas. **Acta Scientiarum**, Maringá, v. 23, n. 5, p. 1257-1261, 2001.
- GHEYSEN, G.; FENOLL, C. Gene expression in nematode feeding sites. **Annual Review of Phytopathology**, v. 40, p. 191-219, 2002.
- GODA, Y. Two acylated anthocyanins from purple sweet potato. **Phytochemistry**, v. 44, n. 1, p. 183–186, 1997.
- GOES, M.; HENSHAW, G. G. Métodos de conservação de germoplasma de batata-doce (*Ipomoea batatas* (L.) Lam.) in vitro sob camada de óleo. Brasília. Embrapa Recursos Genéticos e Biotecnologia, **Boletim de Pesquisa 9**, 18p., 2000.
- GONÇALVES NETO, A. C. et al. Aptidões de genótipos de batata-doce para consumo humano, produção de etanol e alimentação animal. Pesquisa Agropecuária Brasileira, v. 46, n. 11, p. 1513–1520, 2011.
- GRABOWSKI, J; TRUONG, V; DAUBERT, C. Nutritional and rheological characterization of spray dried sweetpotato powder. **Journal Food Science and Technology**.v. 4, p. 206–216, 2007.
- GROSSI DE SÁ, M. **Análise funcional de genes expressos em glândula esofágica dorsal de *Meloidogyne incognita* envolvidos no fitoparasitismo**. 2010. 67 p. Dissertação (Mestre em Ciências Genômicas e Biotecnologia)- Universidade Católica de Brasília, Brasília (DF), 2011.
- GUIMARÃES, L. M. P; MOURA, R. M.; PEDROSA, E. M. R. Parasitismo de *Meloidogyne mayaguensis* em diferentes espécies botânicas. **Nematologia Brasileira**, v. 27, n. 2, p. 139-147, 2003.
- HAL, M. Quality of sweetpotato flour during processing and storage. **Food Reviews International**, n.16, v.1, p.1–37, 2000.
- HAUNG, J. C.; SUN, M. Genetic diversity and relationship of sweet potato and simple sequence repeat (ISSR) and restriction analysis of chloroplast DNA, Theor. **Journal of Applied Genetics**, v.100, p. 1050–1060, 2000.
- HUAMÁN, Z. Botánica sistemática e morfología de la planta de batata o camote. **Centro Internacional de la Papa (CIP)**, 1992.
- HUANG, A. S.; TANUDJAJA, L.; LUM, D. Content of alpha-, beta-carotene, and dietary fiber in 18 sweetpotato varieties grown in Hawaii. **Journal of Food Composition and Analysis**, v. 12, n. 2, p. 147–151, 1999.
- HUANG, S. P., MIRANDA, J. E. C. e MALUF, W. R. Resistance to root-knot nematodes in Brazilian sweet potato collection. **Fitopatologia Brasileira**, v. 11, p. 761-766, 1986.

IBGE- Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. Produção agrícola municipal: culturas temporárias e permanentes. 2013. Disponível em: <<http://loja.ibge.gov.br/produco-da-pecuaria-municipal-2013.html>>. Acesso em: 17 set. 2013.

INSTITUTO ADOLFO LUTZ. **Métodos físicos e químicos para análise de alimentos**. 4. ed. São Paulo: Instituto Adolfo Lutz, p.1020, 2008.

ISHIGURO, K.; YAHARA, S.; YOSHIMOTO, M. Changes in polyphenolic content and radical- Scaven ging Activity of Sweet Potato (*Ipomoea batatas* L.) during storage at optimal and low temperatures. **Journal of Food Science**, v. 71, n. 2, p. 13-21, 2006.

JANGCHUD, K.; PHIMOLSIRIPOL, Y.; HARUTHAITHANASAN, V. **Physicochemical properties of sweetpotato flour and starch as affected by blanching and processing**. *Starch*, v. 55, p. 258– 264, 2003.

JIAO, Y.; YANG, Z.; JIANG, Y.; ZHAI, W. Study on chemical constituents and antioxidant activity of anthocyanins from purple sweet potato (*Ipomoea batatas* L.). **International Journal of Food Engineering**, v. 8, n. 2, p. 1-16, 2012.

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

JONES, M. G. K.; DROPKIN, V. H. **Scanning electron microscopy of nematode induced giant transfer cell**. *Cytobios*, v. 5, p. 149-161, 1976.

K'OSAMBO, L. M. et al. Influence of age, farming site, and boiling on pro-vitamin A content in sweet potato (*Ipomoea batatas* (L.) Lam.) storage roots. **The Journal of Food Technology in Africa**, v. 4, n. 3, p. 7784, 1999.

KALKMANN, D. C. **Produtividade, qualidade de raiz, resistência aos insetos de solo e aos nematóides-das-galhas, e estimativas de parâmetros genéticos em clones de batatadoce cultivados no Distrito Federal**. 2011. 144 f. Dissertação (Mestrado em Agronomia)- Faculdade de Agronomia e Medicina Veterinária, Universidade de Brasília, Brasília, 2011.

KONICA MINOLTA. **Comunicação precisa da cor: controle de qualidade da percepção à instrumentação**,p.59, 1998.

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

LEBOT, V. Sweetpotato. In: Lebot V, editor. *Tuber crops: sweetpotato, yams and aroids*. Oxfordshire: **CAB International**, p.89–179. 2009.

LEBOT, V.; NDIAYE, A.; MALAPA, R. Phenotypic characterization of sweet potato [*Ipomoea batatas* (L.) Lam.] genotypes in relation to prediction of chemical quality constituents by NIRS equations. **Plant Breeding**, v. 130, n. 4, p. 457–463, 2011.

- LEONEL, M. et al. Processamento industrial de fécula de mandioca e batata-doce: um estudo de caso. **Ciência e Tecnologia de Alimentos**, Campinas, v. 18, p. 343-345, 1998.
- LEONEL, M.; CEREDA, M. P. Caracterização físico-química de algumas tuberosas amiláceas. **Ciência e Tecnologia de Alimentos**, v.22, n.1, p.65-69, 2002.
- 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**, v. 27, n. 2, p. 257-258, 2003.
- MANICA, I.; KIST, H.; MICHELETTO, E. L.; KRAUSE, C. A. Competição entre quatro cultivares e duas seleções de goiabeira. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v. 33, n. 8, p. 1305–1313, 1998.
- MANIFESTO, M. M.; COSTA TÁRTARA, S. M.; ARIZIO, C. M.; ALVAREZ, M. A.; HOMPANERA, N.R. Analysis of the morphological attributes of a sweetpotato collection. **Annals of Applied Biology**, v. 157, n. 2, p. 273–281, 2010.
- MARCHESE, A. et al. Seleção de clones de batata-doce resistentes a *Meloidogyne incognita* raça 1. **Pesquisa agropecuária brasileira**, Brasília, v. 45, n. 9, p. 997-1004, 2010.
- MASSAROTO, J. A. et al. Reação de clones de batata-doce ao *Meloidogyne incognita* raça1. **Revista de Ciências Agro-Ambientais**, Alta Floresta, v. 8, n. 1, p. 1- 8, 2010.
- MCPHERSON, J. Dietary fiber-A perspective. In: Spiller G, editor. Handbook of dietary fiber in human nutrition. Boca Raton: CRC press, 1992. p. 7–14.
- MELO, W. F; SILVA, J. B. C da.; MOITA, A. W. Avaliação da produtividade de clones de batata-doce ricos em provitamina A junto a agricultores familiares. 2010. **Horticultura Brasileira**. Versão Eletrônica. Disponível em: <http://www.abhorticultura.com.br/eventosx/trabalhos/ev_4/A3101_T4846_Comp.pdf>. Acesso em: 20 de fev. de 2015.
- MENSOR, L. L. et al. Screening of Brazilian plant extracts for antioxidant activity by the use of DPPH free radical method, **Phytotherapy Research**, v. 15, n. 2, p. 127–130, 2001.
- MIRANDA, J. E. C. et al. **Batata-doce (*Ipomoea batatas* (L.) Lam.)**. 2. ed. Brasília, DF: Embrapa/CNPQ, 1989. 19 p.
- MIRANDA, J. E. C. et al. **Cultivo da batata-doce (*Ipomoea batatas* (L.) Lam)**. Brasília, DF: EMBRAPA-CNPQ, 1995. 18 p. il. (EMBRAPA-CNPQ. Instruções Técnicas, 7).
- MOENS, M.; PERRY, R. N.; STARR, J. L. Meloidogyne species a diverse group of novel and important plant parasites. In: PERRY, R. N.; MOENS, M.; STARR, J. L. (Eds.) **Root-knot Nematodes**. Wallingford, UK, p. 1-17, 2009.

- MONTEIRO, A. B. Silagens de cultivares e clones de batata- doce para alimentação animal visando sustentabilidade da produção agrícola familiar. **Revista Brasileira de Agroecologia**, v. 2, n. 2, p. 978-981, 2007.
- MONTES, S. M. N. M.; FIRETTI, R.; GOLLA, A. R.; TARSITANO, M. A. A. 2008. **Custos e rentabilidade da batata-doce (*Ipomoea batatas L.*) na região oeste do estado de São Paulo: estudo de caso.** Artigo em Hypertexto. Disponível em: <http://www.infobibos.com/Artigos/2008_1/batata/index.htm>. Acesso em: 10 de agosto de 2013.
- MONTES, S. M. N. M. **Cultura da batata-doce: do plantio à comercialização.** 1 ed. São Paulo. Agência Paulista de Tecnologia dos Agronegócios (APTA), 2013. 80p.
- MOREIRA, J. N. et al. Caracteres Agronômicos de cultivares de batata-doce: I – colheita aos quatro meses. **Horticultura Brasileira**, Brasília, v. 22, n. 2, 2004.
- MOULIN, M. M.; RODRIGUES, R.; GONÇALVES, L. S. A.; SUDRÉ, C. P.; PEREIRA, M. G. A comparison of RAPD and ISSR markers reveals genetic diversity among sweet potato landraces (*Ipomoea batatas* (L.) Lam). **Acta Scientiarum.Agronomy**, v. 34, n. 2, 13 mar. 2012.
- NAVARRA, T & SHANKIN-COHEW. The encyclopedia of vitamins, minerals and supplements. New York: Facts On File Inc., p. 125–126, 2004.
- NELSON, N. A photometric adaptation of somogi method for determination of glicose. **Journal of Biological Chemistry**, Baltimore, v. 153, p. 375-380, 1944.
- NISHIYAMA I. Evolution and domestication of the sweetpotato. **Botanical Magazine**, v. 84, p. 377–387, 1971.
- OLIVEIRA, A. P. et al. Produção de raízes de batata-doce em função do uso de doses de N aplicadas no solo e via foliar. **Horticultura Brasileira**, Brasília, v. 24, n. 3, p. 279-282, 2006.
- OLUKUNGLU, O. Nutritive potential of sweetpotato peel meal and root replacement value for maize in diets of African catfish (*Clarias gariepinus*) advanced fry. **Jornal Food Technology**, v. 4, n. 4, p. 289–293, 2006.
- OOSTENBRINK, M. Major characteristics of the relation between nematodes and plants. **Mededelingen Van De landbouwhogeschool Te Wageningen**, v.66, p.1-46, 1966.
- PEREIRA, F.M. Cultura da goiabeira. Jaboticabal, SP: Funep, 1995. 47 p.
- PINHEIRO, J. B. et al. Identificação de fontes de resistência ao nematóide *Meloidogyne mayaguensis* em acessos de tomateiro (*Solanum Lycopersicon*). Brasília: Embrapa Hortaliças, 2009. 19p. **Boletim Técnico de Pesquisa e Desenvolvimento**, 56.
- PUPO, N. I. H. **Manual de pastagens e forrageiras; formação, conservação, utilização.** Campinas: ICEA, p.343, 1985.

- QUEIROGA, R. C. F.; SANTOS, M. A.; MENEZES, M. A.; VIEIRA, C. P. G.; SILVA, M. C. Fisiologia e produção de cultivares de batata-doce em função da época de colheita. **Horticultura Brasileira**, v. 25, n. 3, p. 371-374, 2007.
- RAIJ, B.V.; CANTARELLA, H.; QUAGGIO, J.A.; FURLANI, A.M.C. (Ed.). Recomendações de adubação e calagem para o Estado de São Paulo. 2.ed. Campinas: IAC, 1997. 285p. (IAC. Boletim Técnico, 100).
- RAVINDRAN, V. et al. Biochemical and nutritional assessment of tubers from 16 cultivars of sweetpotato (*Ipomoea batatas* L.). **Journal of Agricultural and Food Chemistry**, v. 43, n. 10, p. 2646–2651, 1995.
- RAY, R. C.; PANDA, S. K.; SWAIN, M. R.; SIVAKUMAR, P. S. Proximate composition and sensory evaluation of anthocyanin-rich purple sweet potato (*Ipomoea batatas* L.) wine. **Journal of Food Science & Technology**, v. 47, p. 452-458, 2012.
- RITSCHHEL, P. S. et al. **Catálogo de germoplasma de batata-doce I: coleção mantida pela Embrapa Hortaliças**. Embrapa Hortaliças. Documentos, v. 23, p. 47, 1999.
- RIMBACH, G.; PASCUAL-TERESA, S. de. Application of nutrigenomics tools to analyze the role of oxidants and antioxidants in gene expression. **In**: RIMBACH, G.; FUCHS, J.; PACKER, L. (Ed.). Nutrigenomics. New York: Boca Raton, 2005. p. 1-12.
- RODRIGUES-AMAYA, D.B. **A Guide to Carotenoid Analysis in Food**, 2001, 64p.; Método por Cromatografia Líquida de Alta Eficiência.
- ROESLER, P. V. S. O.; GOMES, S. D.; MORO, E.; KUMMER, A. C. B.; CEREDA, M. P. Produção e qualidade de raiz tuberosa de cultivares de batata-doce no Oeste do Paraná. **Acta Scientiarum. Agronomy**, v. 30, n. 1, p. 117–122, 2008.
- ROSSEL, G.; KRIEGNER, A.; ZHANG, D. **From Latin America to Oceania: The Historic dispersal of sweetpotato re-examined using AFLP**. CIP program report, p. 315–321. 2000.
- SANTOS, A.M.F. **Estudo de genótipos de batata-doce do Maranhão e Distrito Federal: coleta, caracterização, avaliação agronômica e entomológica**. 2004. Dissertação (Mestrado em Ciências Agrárias) – Faculdade de Agronomia e Medicina Veterinária, Universidade de Brasília, Brasília.
- SENANAYAKE, S. A. et al. Comparative analysis of nutritional quality of five different cultivars of sweet potatoes (*Ipomea batatas* (L.) Lam) in Sri Lanka. **Food Science & Nutrition**, v. 1, n. 4, p. 284–291, 2013.
- SHEKHAR, S. et al. Comparative analysis of phytochemicals and nutrient availability in two contrasting cultivars of sweet potato (*Ipomoea batatas* L.). **Food Chemistry**, v. 173, p.957–965, 2015.

SILVA, J. B. C. da; LOPES, C. A.; MAGALHÃES, J. S. **Batata-doce (*Ipomoea batatas*)**. Brasília: Embrapa Hortaliças, 2008. Sistemas de Produção, 6. ISSN 1678-880X. Versão Eletrônica. Disponível em: <<http://sistemasdeproducao.cnptia.embrapa.br/Fontes>. Acesso em: 17 de set. 2014.

SILVA, J. B. C.; LOPES, C. A.; MAGALHÃES, J. S. **Cultura da batata-doce (*Ipomoea batatas* L.)**. Brasília: Embrapa Hortaliças, 2004. Sistemas de Produção 6. Disponível em: <<http://www.cnph.embrapa.br/sistprod/batata doce/index.htm>>. Acesso em: 10 de fev.2013.

SILVEIRA, L. R. et al. Caracterização físico-química e clones de batata-doce de polpa alaranjada nas condições de Palmas - To. **Estudos**, v. 38, n. 2, p. 365–380, 2011.

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

SINGLETON, V.L.; ORTHOFER, R.; LAMUELA, R. M. **Analysis of total phenol and other oxidation substrates and antioxidants by means of Folin-Ciocalteu reagent**. *Methods of Enzymology*, 299: 152-178, 1999.

SINGH, N. et al. Morphological, Thermal and Rheological Properties of Starches from Different Botanical Sources. *Food Chemistry*, v. 81, n. 2, p. 219-231, 2003.

SOMOGYI, M. A new reagent for the determination of sugars. **Journal of Biological Chemistry**, Baltimore, v. 160, p. 61-68, 1945.

SOUZA, A. B de. Avaliação de cultivares de batata-doce quanto a atributos agronômicos desejáveis. **Ciência e Agrotecnologia**, Lavras, v. 24, n. 4, p. 8 41-845, 2000.

TERAHARA, N.; SHIMIZU, T.; KATO, Y.; NAKAMURA, M.; MAITANI, T.; YAMAGUCHI, M-A.; GODA, Y. Six diacylated anthocyanins from the storage roots of purple sweet potato, *Ipomoea Batatas*. **Bioscience, Biotechnology, and Biochemistry**, v.63, n.8, p.1420-1424, 1999.

TIGANO, M. S. et al. Phylogeny of Meloidogyne spp. based on 18S rDNA and the intergenic region of mitochondrial DNA sequence. *Nematology*, v.7, p. 851-862.

TING, S.V.; ROUSEFF, R.L. **Citrus fruits and their products: analysis y technology**. New York: Marcel Dekker, Inc. p.293,1986.

TOMLINS, K. et al. A. Relationship among the carotenoid content, dry matter content and sensory attributes of sweet potato. **Food Chemistry**, v. 131, n. 1, p. 14–21, mar. 2012.

VALDUGA, E. et al. Produção de carotenóides: microrganismos como fonte de pigmentos naturais. **Química. Nova**, vol. 32, n°. 9, p. 2429-2436, 2009.

VAN DER EYCKEN, W. et al. A molecular study of root-knot nematode-induced feeding sites. **Plant Journal**, v. 9, n. 1, p. 45-54, 1996.

VANETTI, M.C.D. Controle microbiológico e higiene no processamento mínimo. **In: ENCONTRO NACIONAL SOBRE PROCESSAMENTO MÍNIMO DE FRUTAS E HORTALIÇAS**, 2., 2000, Viçosa. Palestras... Viçosa: UFV, 2000. p.44-52

VELIOGLU, Y. S.; MAZZA, G.; GAO, L.; OOMAH, B. D. Antioxidant activity and total phenolics in selected fruits, vegetables, and grain products. **Journal of Agricultural and Food Chemistry**, v. 46, n. 10, p. 4113–4117, out. 1998.

VIANA, D. J. S. **Produção e qualidade de raízes, ramas e silagem de ramas de clones de batata-doce em diferentes locais e épocas de colheita**. 2009. 69 f. Dissertação (Mestrado em Produção Vegetal) - Faculdade de Ciências Agrárias, Universidade Federal dos Vales do Jequitinhonha e Mucuri, Diamantina, 2009.

WOOLFE, J. A. **Sweet potato**: an untapped food resource. Cambridge: Cambridge University, p.188, 1992.

WU, X.; SUN, C.; YANG, L.; ZENG, G.; LIU, Z.; LI, Y. β -carotene content in sweet potato varieties from China and the effect of preparation on β -carotene retention in the Yanshu No. 5. **Innovative Food Science & Emerging Technologies**, v. 9, n. 4, p. 581–586, out. 2008.

ZHANG, D. et al. Assessing genetic diversity of sweet potato (*Ipomoea batatas* (L.) Lam.) cultivars from tropical America using AFLP. **Genetic Resources and Crop Evolution**, v. 47, p. 659-665, 2000.