



CAROLINA MARIANE MOREIRA

**CLONES DE BATATA COM POTENCIAL
AGRONÔMICO E RESISTENTES AOS VÍRUS X E Y**

LAVRAS – MG

2015

CAROLINA MARIANE MOREIRA

**CLONES DE BATATA COM POTENCIAL AGRONÔMICO E RESISTENTES
AOS VÍRUS X E Y**

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

Orientador

Dr. César Augusto Brasil Pereira Pinto

LAVRAS – MG

2015

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

Moreira, Carolina Mariane.

Clones de batata com potencial agrônômico e resistentes aos
vírus X e Y / Carolina Mariane Moreira. – Lavras : UFLA, 2015.
95 p.

Tese (doutorado) – Universidade Federal de Lavras, 2015.

Orientador(a): César Augusto Brasil Pereira Pinto.

Bibliografia.

1. *Solanum tuberosum* L. 2. Melhoramento genético de plantas.
3. *Potato virus X*. 4. *Potato virus Y*. I. Universidade Federal de
Lavras. II. Título.

CAROLINA MARIANE MOREIRA

**CLONES DE BATATA COM POTENCIAL AGRONÔMICO E RESISTENTES
AOS VÍRUS X E Y**

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

APROVADA em 19 de janeiro de 2015.

Dra. Antônia dos Reis Figueira	UFLA
Dra. Flávia Barbosa Silva Botelho	UFLA
Dr. Joaquim Gonçalves de Pádua	Epamig
Dr. João Bosco dos Santos	UFLA

Dr. César Augusto Brasil Pereira Pinto
Orientador

LAVRAS – MG
2015

AGRADECIMENTOS

A Deus, meu companheiro de todas as horas, por me mostrar a direção nos momentos difíceis da minha vida.

Aos meus pais e irmão, meus alicerces, pelo amor, exemplo e apoio incondicional.

Ao Elvis, pelo carinho e paciência durante todos esses anos.

À Universidade Federal de Lavras e à Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (CAPES) pela oportunidade concedida.

Ao meu orientador Prof. César Brasil, pela valiosa orientação, ensinamentos transmitidos, amizade e convivência agradável durante essa caminhada.

Aos professores e funcionários do Programa de Pós-Graduação em Genética e Melhoramento de Plantas e, em especial, ao Raimundo e a todos “batateiros”, pela grandiosa ajuda e parceria no desenvolvimento dos trabalhos.

Aos funcionários do Departamento de Biologia, em especial, Lílían, Dona Irondina, Dú, Zélia e Rafaela, pela amizade e convivência diária.

A todos que, direta ou indiretamente, contribuíram para a realização de mais esta importante etapa da minha vida profissional.

Meus sinceros agradecimentos!

RESUMO

As viroses causam a rápida degenerescência dos tubérculos-sementes de batata. Em condições tropicais, em que a presença de afídeos vetores é constante e a estrutura das populações de vírus é dinâmica, a pressão das doenças é enorme. Além disso, na maioria dos casos, genótipos de alta resistência aos patógenos apresentam desempenho inferior em características agronômicas e qualitativas, principalmente, produtividade e aparência. Assim, a obtenção de novas cultivares mais adaptadas, resistentes às doenças, com boa produtividade e com boa qualidade para o mercado *in natura* ou para indústria irá beneficiar toda a cadeia produtiva nacional. Nesse contexto, o objetivo desse trabalho foi avaliar e selecionar clones de batata que associem resistência dupla aos vírus PVX e PVY e tubérculos de boa aparência para o mercado *in natura* e também destinados ao processamento industrial e identificar a constituição genética dos clones para os alelos *Ry_{adg}* e *Rx1*, que conferem resistência ao *Potato virus Y* (PVY) e *Potato virus X* (PVX), respectivamente. Foram conduzidos três experimentos no sul e um no oeste de Minas Gerais, utilizando o delineamento de blocos casualizados com três repetições e parcelas de cinco plantas. Para seleção de clones com a presença dos alelos *Ry_{adg}* e *Rx1* e identificação da constituição genética utilizou-se os pares de *primers* RYSC3 e RxSP, respectivamente. Também foi feita a confirmação da resistência dos clones ao PVX e PVY por meio de enxertia. Este trabalho permitiu identificar clones portadores de ambos os alelos *Ry_{adg}* e *Rx1* por meio de marcadores moleculares com constituição genética simplex e duplex para o alelo *Ry_{adg}*, e simplex para o alelo *Rx1*. Também foram selecionados clones resistentes ao PVY e PVX com características agronômicas, qualitativas e culinárias adequadas ao mercado *in natura* e para o processamento industrial na forma de pré-fritas congeladas, *chips* e palha.

Palavras-chave: *Solanum tuberosum* L. Melhoramento genético de plantas. *Potato virus X*. *Potato virus Y*.

ABSTRACT

Viruses cause a rapid degradation of potatoes seed tubers. Under tropical environment, where the presence of vector aphids is constant throughout the year and the structure of virus population is dynamic, the disease pressure is high. Besides, in most cases, potato genotypes with high levels of resistance to pathogens present low performance for agronomic and qualitative traits, especially for tuber yield and appearance. Thus, obtaining new cultivars more adapted to the tropics, resistant to diseases, with high tuber yield and good qualities for the fresh market or for industry processing could contribute to the Brazilian potato chain. With this regard, the objectives of this study were to evaluate and select potato clones which associate resistance to both PVX and PVY and good appearance tubers for the fresh market and to the processing industry and also identify the genetic constitution of clones bearing the alleles Ry_{adg} and Rx1, which confer resistance to PVX and PVY, respectively. Three experiments were carried out in the south and one experiment in the west of Minas Gerais state, using the randomized complete blocks design with three replications and plots of five plants. For the selection of clones with alleles Ry_{adg} and Rx1 and also for the identification of their genetic constitution we used primers RYSC3 and RxSP, respectively. The resistance of clones bearing these alleles was confirmed by grafting unto *Datura stramonium* and tobacco. This work allows identifying clones with both alleles Ry_{adg} and Rx1 through molecular markers with simplex and duplex genetic constitution for the Ry_{adg} allele and simplex for the Rx1 allele. Also we select clones resistant to both PVX and PVY with agronomic, qualitative and culinary traits adequate to the fresh market or industry processing as frozen, chips and potato straws.

Keywords: *Solanum tuberosum* L. Plant breeding. *Potato virus X*. *Potato virus Y*.

SUMÁRIO

1	INTRODUÇÃO	9
2	REFERENCIAL TEÓRICO	11
2.1	Importância da cultura da batata	11
2.2	Doenças viróticas e suas implicações na bataticultura	15
2.2.1	Vírus Y da batata (PVY – <i>potato virus Y</i>)	16
2.2.2	Vírus X da batata (PVX – <i>potato virus X</i>)	19
2.3	Melhoramento visando resistência ao PVY e ao PVX	21
2.4	Aparência dos tubérculos	24
2.5	Processamento industrial da batata	28
3	MATERIAIS E MÉTODOS	33
3.1	Local	33
3.2	Material experimental	33
3.3	Desempenho agrônomo	33
3.4	Seleção de clones com dupla resistência ao PVX e PVY	35
3.4.1	Extração de DNA	35
3.4.2	Reação de PCR	36
3.5	Determinação da constituição genética dos clones com dupla resistência	37
3.6	Avaliação dos clones com dupla resistência utilizando enxertia ...	38
3.6.1	Enxertia sobre mudas de fumo infectadas com PVY	38
3.6.2	Enxertia sobre mudas de datura infectadas com PVX	39
3.7	Análises estatísticas	39
3.7.1	Análise de variância individual dos experimentos	39
3.7.2	Análise de variância conjunta dos experimentos	40
3.7.3	Constituição genética	41
3.8	Classificação dos clones	42
4	RESULTADOS	43
4.1	Análises de variância individuais	43
4.1.1	Experimento em lavras (maio a setembro/2012)	43
4.1.2	Experimento em formiga (abril a setembro/2013)	47
4.1.3	Experimento em lavras (abril a setembro/2013)	51
4.2	Análise de variância conjunta	54
4.3	Análise molecular	58
4.4	Determinação da constituição genética dos clones com dupla resistência	58
4.5	Enxertia	62
4.6	Avaliação agrônomo e classificação dos clones com dupla resistência	64
5	DISCUSSÃO	73

6	CONCLUSÕES	79
	REFERÊNCIAS	80

1 INTRODUÇÃO

No Brasil, a batata é uma das hortaliças de maior importância econômica, a produção anual de 2014 está estimada em 3,7 milhões de toneladas, produzidas em 131 mil hectares, o que equivale a uma produtividade média de $28,1 \text{ t ha}^{-1}$. Os principais estados produtores são Minas Gerais, Paraná e São Paulo que juntos somam 70% da produção nacional e 68% da área plantada (INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA - IBGE, 2014).

Por ser uma cultura amplamente distribuída no Brasil, mesmo as temperaturas de inverno sendo amenas, raramente abaixam a ponto de reduzir significativamente a população de afídeos, fazendo com que insetos vetores de vírus permaneçam ativos durante todo ano. Isso faz com que as doenças viróticas sejam de grande relevância para esta cultura, destacando-se o mosaico, causado pelo *Potato virus Y* (PVY) e a infecção latente, causada pelo *Potato virus X* (PVX), que se torna importante quando associada ao PVY, devido ao efeito sinérgico.

O Brasil é um país que depende fortemente da importação de batata-semente, pois não produz material básico para multiplicação em quantidade e qualidade suficientes para atender a sua necessidade. Cerca de 7% da produção é destinada a sementes, mas apenas 20% a 30% desse total correspondem a sementes de qualidade, ou seja, certificadas (FOOD AND AGRICULTURE ORGANISATION OF THE UNITED NATIONS - FAO, 2014; PEREIRA; DANIELS, 2003). O tubérculo-semente é um fator fundamental para garantir a boa qualidade e produtividade em uma cultura de batata, sendo um dos insumos que mais afetam o custo total de produção da cultura.

Com o intuito de reduzir os custos de produção da cultura da batata, os programas de melhoramento no Brasil buscam obter cultivares resistentes às

principais doenças da cultura. Uma estratégia utilizada neste caso é o cruzamento entre genótipos com bons níveis de resistência às doenças, seguido de um *screening*, com a finalidade de reunir alelos de resistência a mais de um tipo de patógeno em uma mesma cultivar. Porém, com a utilização de técnicas clássicas de melhoramento, é necessário muito tempo e espaço para se obter cultivares com resistência a diferentes patógenos. Assim, a seleção assistida por marcadores moleculares pode auxiliar na seleção precoce de materiais superiores, evitando inúmeras avaliações, diminuindo o tempo e espaço necessário para obtenção de novas cultivares.

Entretanto, na maioria dos casos, genótipos de alta resistência apresentam desempenho inferior em características agrônômica e qualitativas, principalmente produtividade e aparência (JELLIS, 1992). O maior consumo de batata no Brasil ainda é *in natura*, sendo que a quantidade destinada para processamento é de aproximadamente 10%, com tendências que essa participação aumente nos próximos anos considerando a mudança do perfil do consumidor brasileiro. O levantamento do IBGE apontou um aumento de 37% no consumo de batata pré-frita e redução de 24% no mercado de batata *in natura* no período de 2002 a 2008 (GERALDINI; JULIÃO; BORGAT, 2011).

Diante deste cenário, os programas de melhoramento de batata no Brasil devem priorizar a obtenção de cultivares resistentes às viroses e adaptadas às nossas condições de cultivo com maior vigor e capacidade produtiva, visando reduzir os custos de produção, além de se adequar aos diversos tipos de preparo.

O objetivo desse trabalho foi avaliar e selecionar clones de batata que associem resistência dupla aos vírus PVX e PVY e tubérculos de boa aparência para o mercado *in natura* e também os destinados ao processamento industrial e identificar a constituição genética dos clones para os alelos Ry_{adg} e $Rx1$, que conferem resistência ao *Potato virus Y* (PVY) e *Potato virus X* (PVX), respectivamente.

2 REFERENCIAL TEÓRICO

2.1 Importância da cultura da batata

A batata (*Solanum tuberosum* L.), cultivada e consumida na maioria dos países, é apenas uma espécie dentre aproximadamente 1500 espécies do gênero *Solanum* (FRODIN, 2004). A origem da batata foi muito discutida, atualmente a teoria mais aceita é que ela se origina de populações de um grupo diplóide de espécies silvestres relacionadas com *S. brevicaulis* no Sul do Peru e Norte da Bolívia (SPOONER et al., 2005). Acredita-se que sua domesticação pode ter sido a 3800 m acima do nível do mar, em torno do Lago Titicaca (BIRCH et al., 2012), em uma região caracterizada por fotoperíodo curto, elevada intensidade luminosa, baixas temperaturas e alta umidade relativa do ar (LEVY; VEILLEUX, 2007).

Com a colonização espanhola, a batata originária dos Andes peruanos foi levada à Europa no século XVI, sendo que o primeiro registro de batata cultivada fora da América do Sul foi nas Ilhas Canárias em 1567. Logo em seguida na Espanha continental em 1573 e posteriormente na Inglaterra em 1590 (HAWKES; FRANCISCO-ORTEGA, 1992). Nesse contexto, a batata tornou-se um importante alimento devido a sua capacidade produtiva e qualidades nutritivas e passou a ser cultivada em todo continente europeu, e por um sistemático processo de seleção foi se adaptando aos dias longos.

Da Europa, mais precisamente da Inglaterra, a batata foi disseminada para outros continentes como África, Ásia e Oceania, e também América do Norte, sendo chamada de “batata inglesa”. Segundo Hawkes (1978) a grande expansão da cultura da batata se deu no século XVII, sendo cultivada em praticamente todas as colônias inglesas e também no Japão. Nos Estados Unidos a cultura da batata chegou em 1621, trazida por ingleses, embora existam

indícios de que algumas batatas chilenas e andígenas tenham chegado diretamente ao território norte americano. No século XVIII chegou à Nova Zelândia e Rússia

A batata foi introduzida no Brasil no final do século XIX por imigrantes europeus na região Sul, onde as condições de clima eram mais favoráveis à sua produção. O Estado do Rio Grande do Sul foi o único produtor de batata até a década de 40. Após a Segunda Guerra Mundial, os plantios avançaram para o Paraná e São Paulo (PEREIRA; DANIELS, 2003). A cultura da batata em Minas Gerais foi introduzida na primeira metade do século 20 por imigrantes espanhóis, italianos e japoneses, os quais a denominavam batata da Angola e mais tarde batata-inglesa. A exploração econômica aconteceu somente no final da década de 1940 e início da década de 1950, sendo o sul do Estado a região pioneira no cultivo dessa solanácea (RIBEIRO; RIBEIRO; PINTO, 2012).

Na primeira década da introdução da bataticultura em Minas Gerais, os cultivos eram realizados na estação chuvosa e em regiões com altitudes elevadas e temperaturas amenas, mesmo no verão (safra das águas). O abastecimento do mercado era feito de forma bastante irregular, gerando grandes oscilações de preços, principalmente no inverno, quando esses alcançavam altos valores diante da pouca oferta do produto. Na década de 1970, com o advento da prática da irrigação, a batata passou a ser cultivada nas estações de outono e de inverno e em áreas com menor altitude (RIBEIRO; RIBEIRO; PINTO, 2012).

O governo, preocupado em regularizar a oferta do produto, lançou o Plano de Safras Consolidadas, que objetivava planejar a distribuição do cultivo da batata em cada região, pelo tamanho da área a ser cultivada e pela época de plantio. Assim, com a ação desse Plano, aliado ao incremento do plantio no outono e inverno, a batata passou a ser ofertada de forma regularizada no decorrer do ano. A partir de 1970, a bataticultura começou a migrar da região

Sul para outras regiões do Estado. A introdução da bataticultura no Triângulo e Alto Paranaíba ocorreu no ano de 1975 (RIBEIRO; RIBEIRO; PINTO, 2012).

Atualmente, a batata é plantada em mais de 149 países em uma ampla região do globo (BIRCH et al., 2012). A maior parte dos cultivos, aproximadamente 90%, se localiza no hemisfério norte entre 22°N e 59°N (HIJIMANS, 2001). Além disso, 25% das áreas cultivadas estão localizadas em altitudes superiores a 1000 metros do nível do mar, principalmente em regiões tropicais, refletindo as condições de adaptação da espécie *Solanum tuberosum* subespécie *tuberosum*.

A batata é a terceira cultura alimentícia na ordem de importância no mundo, depois do trigo e arroz (VISSER et al., 2009), e seu papel na segurança alimentar das populações fez com que no ano de 2008 a ONU (Organização das Nações Unidas) declarasse como o Ano Internacional da Batata.

No ano de 2012 a produção mundial de batata foi de, aproximadamente, 365 milhões de toneladas, em uma área cultivada de 19,2 milhões de hectares, sendo cultivada em mais de 150 países e consumida por um bilhão de pessoas em todo mundo. A produtividade média mundial foi de 18,9 t ha⁻¹ (FAO, 2014). Pelos dados da FAO (2014) o principal produtor mundial, em 2012, foi a China, com 85,9 milhões de toneladas, seguido pela Índia, Rússia, Ucrânia, Estados Unidos, Alemanha, Bangladesh, Polônia e França. O Brasil ocupa a 20ª posição no ranking mundial.

No Brasil, a batata é uma das hortaliças de maior importância econômica, a produção anual de 2014 está estimada em 3,7 milhões de toneladas, produzidas em 131 mil hectares, o que equivale a uma produtividade média de 28,1 t ha⁻¹. Os principais estados produtores são Minas Gerais, Paraná e São Paulo que juntos somam 70% da produção nacional e 68% da área plantada (IBGE, 2014).

Além da grande importância econômica, a batata é um dos alimentos mais completos, constituindo-se em fonte de proteína de alta qualidade, vitaminas e sais minerais, disponibilizando energia oriunda dos carboidratos. Cerca de 100g de batata são suficientes para suprir pelo menos 10% das necessidades nutricionais de proteína para uma criança, ou 10% da demanda de tiamina, niacina, vitamina B6, ácido fólico e 50% da vitamina C para um adulto (GLENNON, 2013).

Do ponto de vista nutricional, a batata apresenta constituintes importantes, como proteínas de alto valor biológico e digestibilidade. Apresenta em média 2,1% de proteína total, que significa cerca de 10,4% do peso seco do tubérculo. Isto pode ser considerado excelente, levando-se em conta que o trigo e o arroz apresentam valores na ordem de 13 e 7,5%, respectivamente (ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE BATATA - ABBA, 2010).

A batata também é uma importante fonte de alimento, de emprego rural e de movimentação financeira, o que contribui para a alimentação e estabilização social do meio rural, principalmente em países em desenvolvimento (PEREIRA; LUZ; MOURA, 2005).

Estima-se que o consumo per capita de batata no mundo seja de 34,9 kg/ano, sendo que alguns países onde a batata constitui uma importante fonte de energia na dieta, como na Europa e nos Estados Unidos, são de 84,2 kg/ano e 55,6 kg/ano, respectivamente (FAO, 2014). No Brasil, diferente dos países europeus, não se utiliza a batata como principal fonte de carboidratos, mas sim como um alimento secundário, de modo que o consumo per capita de batatas é de 19,2 kg/ano.

Um dos fatores do baixo consumo é a falta de informação dos consumidores quanto à qualidade nutricional da batata e o desconhecimento das aptidões culinárias das diferentes cultivares existentes no mercado. Assim, os consumidores realizam a compra da batata em função da aparência externa dos

tubérculos e não pela sua qualidade e aptidões culinárias (PEREIRA; LUZ; MOURA, 2005).

2.2 Doenças viróticas e suas implicações na bataticultura

A cultura da batata, como as demais olerícolas, é muito susceptível ao ataque de fitopatógenos. Além do mais, para fins comerciais, a batata é propagada vegetativamente por meio de tubérculos, tornando a utilização de tubérculos-sementes de alta qualidade fitossanitária um dos pontos críticos do sistema produtivo de batata. Quando o índice de adoção de tubérculos-sementes de alta qualidade cai, os impactos negativos sobre a sanidade e produtividade da lavoura são imediatos (ÁVILA et al., 2009).

As viroses são um dos problemas fitossanitários que primeiro aparecem em virtude do abandono da prática de utilização de tubérculos-sementes de alta qualidade sanitária, o que facilita a disseminação de doenças juntamente com os tubérculos utilizados como sementes (ÁVILA et al., 2009).

Desta forma, como a maior parte da batata semente é originária do próprio produtor, a disseminação das viroses adquire dimensões ainda maiores, pois as condições climáticas favorecem a ocorrência de altas populações de insetos vetores de vírus durante todo o ano. Além do mais, a batata é cultivada em diferentes épocas, aumentando a intensidade das viroses. Isto faz com que, após algumas multiplicações no campo, a porcentagem de plantas infectadas atinja níveis preocupantes. Andrade e Figueira (1991) verificaram na região sul de Minas Gerais que apenas três multiplicações foram suficientes para elevar a taxa de infecção do vírus do enrolamento das folhas da batata (PLRV) e do vírus Y da batata (PVY) a mais de 90%. Já Daniels et al. (2002) também trabalhando com degenerescência em batata durante dois períodos de cultivo observaram um percentual de infecção de 17% para PVY e de 3% para PLRV no primeiro

cultivo e uma porcentagem média de 58% para o PVY e de 11% para PLRV para o segundo cultivo.

Ávila et al. (2009) em um levantamento da ocorrência de viroses em batata no Brasil em 2005 e 2006 em lavouras de sete estados brasileiros, verificaram que das 1.256 amostras suspeitas, 840 apresentaram reação positiva em teste sorológico para PVY (66,9%), 128 para *Potato leaf roll virus* (PLRV) (10,2%), 79 para *Potato virus S* (PVS) (6,3%) e nenhuma para *Potato virus X* (PVX).

Segundo Stevenson et al. (2001) já foram descritas 60 moléstias principais: 35 causadas por fungos, sete por bactérias, seis por nematóides e 12 causadas por vírus. Se enfermidades de menor importância ou de etiologia, ainda não descrita, forem consideradas, a cultura é afetada por pelo menos 100 doenças. Dessa forma, comprova-se a importância da qualidade sanitária da batata-semente para obtenção de boa produtividade.

No Brasil, as principais doenças causadas por fitovírus na batata são: o vírus Y da batata (*Potato virus Y* – PVY), o do enrolamento da folha da batata (*Potato leafroll virus* – PLRV), seguido pelo vírus X da batata (*Potato virus X* – PVX), e o vírus S (*Potato virus S* – PVS) (SOUZA-DIAS, 1996).

Para que o cultivo de batata atinja alta produtividade, a sanidade das lavouras é fundamental. As condições climáticas somadas ao sistema de plantio da cultura favorecem o desenvolvimento de vários patógenos.

2.2.1 Vírus Y da batata (PVY – *potato virus Y*)

A família *Potiviridae* é a de maior importância dentro do grupo dos fitovírus. Ela abrange aproximadamente 20% dos vírus conhecidos, incluindo o *Potato virus Y*, membro-tipo do gênero *Potyvirus* (FAUQUET et al., 2005; REGENMORTEL et al., 2000), que foi descrito pela primeira vez na Inglaterra,

por Smith, em 1931 (BOKX; HUTTINGA, 1981; BRUNT et al., 1996). Apresentam partículas alongadas, flexuosas e helicoidais, com 730nm de comprimento por 11nm de diâmetro e tem como ácido nucléico o RNA de fita simples senso positivo, com aproximadamente 9,6 kb (BROWN, 2001; REGENMORTEL et al., 2000; SALAZAR, 1996).

O vírus pode ser transmitido por inoculação mecânica, por enxertia ou afídeos, sendo que o *Myzus persicae* e o *Macrosiphum euphorbiae* são os vetores naturais mais importantes. O *M. persicae* é o responsável pela maior disseminação em campo (BEEMSTER; BOKX, 1987) e a transmissão por vetores ocorre de forma não persistente, onde o vírus é associado ao estilete, não ocorrendo replicação viral no vetor. Devido a isso, o tempo requerido para a aquisição e a transmissão leva apenas alguns segundos, não havendo período latente e dificultando assim o controle por meio de inseticidas. Apesar disso, a capacidade do vetor em permanecer infectivo também é de curta duração.

Em plantas de batata, os sintomas causados pelo PVY, variam desde infecção latente até a necrose pronunciada das folhas e morte das plantas, sendo variável com a cultivar, condições de fertilidade do solo, temperatura, umidade e principalmente da estirpe do PVY (SOUZA-DIAS; IMAUTI, 2005). Os sintomas de mosaico são geralmente visíveis em folhas novas e mostram que as áreas infectadas começam nas nervuras (MAKI-VALKAMA et al., 2001). São mais visíveis em plantas em crescimento ativo e diminuem em intensidade quando cessa o crescimento (LLAVE et al., 1999; SALAZAR, 1996).

Isolados do PVY apresentam-se diferentes com relação à patogenicidade e à sintomatologia em diferentes espécies hospedeiras, à sorologia e aos dados moleculares, propriedades estas que estão, em parte, relacionadas à filogenia do PVY (BOKX; HUTTINGA, 1981; GÉBRÉ-SELASSIE et al., 1985; GOODING; TOLIN, 1973). A nomenclatura das estirpes deste vírus tem sido dividida com base, especialmente, em sua capacidade ou não de induzir necrose

em diferentes cultivares de batata ou em fumo, quando inoculadas experimentalmente (SINGH et al., 2008).

Os primeiros estudos de resistência em batatas em relação ao PVY mostraram uma herança do tipo monogênica dominante (HUTTON, 1945; JONES, 1990). Dessa forma, o uso de cultivares diferenciais torna possível a distinção entre as estirpes com base na resposta de hipersensibilidade. Baseando-se nesta reação de HR, Singh et al. (2008) propuseram cinco estirpes de PVY, que são: PVY^N, PVY^O, PVY^C, PVY^E e PVY^Z.

As principais estirpes são o PVY^O ou estirpe comum, PVY^N ou estirpe necrótica e PVY^C. Podem ocorrer, ainda, variantes dentro dos grupos principais (ROLLAND et al., 2008). Tradicionalmente, a diagnose de PVY para diferenciar as diversas estirpes é feita utilizando o método sorológico monoclonal, a técnica RT-PCR detecta variantes, ou pelo uso de plantas indicadoras (BALME-SINIBALDI et al., 2006).

Embora o PVY^O seja mais relatado na América do Norte, sua distribuição é cosmopolita (BANTTARI et al., 1993) e sua descrição no Brasil ocorreu, pela primeira vez, em 1939 (SILBESCHMIDT; NOBREGA; KRAMER, 1941; SOUZA-DIAS, 2001). Pode causar sintomas na infecção primária que variam de necrose nas nervuras, mosaico, senescência e queda das folhas. Os sintomas secundários são geralmente mais severos, compreendidos por leve mosaico, menor desenvolvimento da planta e afundamento das nervuras das folhas. Pode não haver necrose na infecção secundária, e quando manifesta-se nas folhas e haste, esta é mais fraca que a necrose observada na infecção primária (SOUZA-DIAS; IAMAUTI, 1997).

A estirpe PVY^N ou necrótica tem sido relatada na Europa, na África, na Nova Zelândia e na América do Sul (ELLIS; SMITH; VILLIERS, 1997) e manifesta-se na forma de mosqueamento leve, variações de amarelo internerval e ondulação do limbo foliar. Uma variante desta estirpe é o PVY^{NTN}, indutora de

anéis necróticos no tubérculo (PTNRD – Potato tuber necrotic ringspot), descrita pela primeira vez na Hungria por Beczner et al. (1984). A partir de então, disseminou-se para regiões produtoras de batata de diversos países, porém no Brasil foi detectada pela primeira vez por Souza-Dias (1996) e notificada pelo Ministério da Agricultura em 1997. Outra variante do PVY^N foi reportada na Polônia por Chrzanowska (1994) e, assim, como a estirpe necrótica, induz necrose nas nervuras de plantas de fumo, porém é sorologicamente relacionada ao PVY^O (MCDONALD; SINGH, 1996). Foi designada como PVY^N-W, por ter sido detectada na cultivar de batata ‘Wilga’.

Por fim, a estirpe PVY^C, já foi identificada na Europa, na Austrália, na Nova Zelândia e nas Américas (LORENZEN et al., 2006) e sua caracterização é ambígua. Alguns isolados de PVY^C causam reações de hipersensibilidade em cultivares de batata e outros não são transmissíveis por afídeos, fatores que limitam sua disseminação e influenciam a epidemiologia desta virose (ELLIS; SMITH; VILLIERS, 1997), porém, são igualmente patogênicos, com perdas expressivas de produção.

2.2.2 Vírus X da batata (PVX – *potato virus X*)

O *Potato virus X*, ou PVX, é o membro tipo do grupo *Potexvirus*. Ele possui partículas alongadas e flexíveis, contendo cerca de 6% de ácido nucléico e 94% de proteína, com tamanho de 470-480 nm de comprimento por 13 nm de diâmetro. Apresenta genoma constituído por um RNA diretamente traduzível (ssRNA⁺), com 6.435 nucleotídeos organizados em 5 ORFs, enquanto a capa protéica é formada por cerca de 1300 subunidades idênticas de proteína (AVESANI et al., 2007).

Este vírus tem sido constantemente usado como modelo para estudo de diversos aspectos da infecção por vírus em plantas, apresentando características

favoráveis para aplicações biotecnológicas. Alguns dos caracteres que tornam o PVX um modelo interessante para estudo são o tamanho relativamente pequeno do RNA, único e funcionalmente monocistônico e o seu alto nível de replicação em plantas (BATTEN; YOSHINARI; HEMENWAY, 2003).

Apesar de o PVX nunca ter sido associado a perdas significativas na cultura da batata, este fato não significa que ele não possa causar perdas, mas sim que ele se encontra normalmente ausente ou em incidências baixas. Apesar disso, sabe-se que as cultivares de batata normalmente plantadas no Brasil são suscetíveis ao PVX e que as plantas infectadas apresentam diminuição do número de tubérculos e perdas na produtividade (FIGUEIRA, 1999).

Nas condições brasileiras, o PVX não induz sintomas, porém, se associado ao Potato Virus Y (PVY), o PVX pode induzir sintomas mais severos e provocar perdas acima de 50% na produção (BEEMSTER; BOKX, 1987). Isso justifica os baixos índices de incidência de PVX previstos pela legislação, que estabelece as normas para produção e comercialização de batata-semente no Brasil, onde a ocorrência do PVY tem aumentado nos últimos anos (FIGUEIRA, 1999). De acordo com a Instrução Normativa nº 32, do Ministério da Agricultura Pecuária e Abastecimento, o nível de tolerância permitido para o PVX (*Potato virus x*) e PVY (*Potato virus Y*) durante a comercialização de batata-semente básica é de 0% (BRASIL, 2012).

O PVX tem uma gama de hospedeiras restritas dentro da família *Solanaceae* e algumas espécies de *Amaranthaceae* e *Chenopodiaceae*. O vírus não é transmitido por vetor, porém é facilmente transmitido por meios mecânicos e por enxertia, podendo ser rapidamente disseminado numa cultura, após a sua introdução por meio de batatas sementes. Muitas estirpes de PVX são conhecidas e apresentam grande variabilidade patogênica.

A classificação das estirpes se dá por meio de testes biológicos, sorológicos e/ou moleculares e podem ser classificadas, segundo Cockerham

(1970), em quatro grupos, de acordo com a sua virulência aos alelos de hipersensibilidade Nx e Nb.

As estirpes do grupo 1 caracterizam-se por induzirem anéis verde-claros na superfície das folhas de fumo (*Nicotiana tabacum*), seguidos por um mosqueamento verde-escuro e verde-claro. Essas estirpes ocorrem principalmente associadas com as estirpes do grupo 3. As do grupo 2 são encontradas apenas ocasionalmente, apresentando em experimentos de enxertia pontos necróticos nas folhas de cultivares de batata, esse grupo nunca foi observado na América do Norte e Continente Europeu. O grupo 3 compreende as estirpes que ocorrem mais freqüentemente. Elas causam mosqueamento claro nas folhas de fumo e, em genótipos de batata portadores do gene Nx, induzem lesões pretas nas folhas após a infecção das células. Finalmente, as do grupo 4 não ativam os alelos N, podendo infectar cultivares com genes Nx e Nb, mas não aquelas com o alelo Rx.

2.3 Melhoramento visando resistência ao PVY e ao PVX

A batata é uma espécie autotetraplóide ($2n=4x=48$) com herança tetrassômica, apresentando segregação bem discrepante da herança dissômica, que ocorre em espécies diplóides (SYBENGA, 1992). Nos autotetraplóides cada alelo está representado quatro vezes, possibilitando a formação de cinco genótipos diferentes em função do número de alelos dominantes. Genótipos que possuem os quatros alelos dominantes são designados como quadriplex; aqueles que possuem três, dois ou um alelo dominante são chamados de tríplex, duplex e simplex, respectivamente, e o genótipo que não apresentar nenhum alelo dominante é conhecido como nuliplex (GEBHARDT; VALKONEN, 2001).

A resistência ao PVY na cultura da batata é devido a hipersensibilidade (HR) e a imunidade ou resistência extrema (RE). A hipersensibilidade se

caracteriza pela rápida necrose das células no sítio de multiplicação, induzida pela reação da planta à presença do patógeno, restringindo a sua expansão (SZAJKO et al., 2008). A resistência extrema é identificada pela baixa ou extremamente baixa acumulação do vírus, de modo que as plantas geralmente não apresentam sintomas e a multiplicação viral é reduzida (SWIEZYNSKI, 1994).

A reação de hipersensibilidade é conferida pelos alelos denominados *Ny*, e estão amplamente distribuídos nas cultivares de batata, encontrados ainda em híbridos das espécies *S. chacoense*, *S. demissum* e *S. microdontum* (GALARRETA et al., 1998). Por sua vez, resistência extrema que produz sintomas pouco visíveis ou não visíveis, é conferida por alelos *Ry* (FLIS et al., 2005).

Alguns alelos *Ry* foram localizados via mapeamento molecular dos cromossomos da batata. O alelo *Ry_{stos}*, derivado de *Solanum stoloniferum* e *Ry_{adg}* de *S. tuberosum* ssp. *andigena*, foram mapeados no cromossomo XII (FLIS et al., 2005) e XI da batata (HÄMÄLÄINEN et al., 1997), respectivamente. Esses alelos não são úteis na diferenciação das estirpes, porém são muito importantes para o melhoramento da cultura da batata. Uma das estratégias de melhoramento visando à resistência às viroses é o aumento da frequência dos alelos de resistência, facilitando os trabalhos de melhoramento (PINTO, 2003).

O melhoramento para resistência ao PVY é facilitado pelo fato do controle ser monogênico, alta herdabilidade e interação alélica dominante (MENDOZA; MIHOVILOVICH; SAGUMA, 1996). A resistência extrema, conferida pelo alelo *Ry*, proporciona resistência completa já na forma simplex (*Ryryryry*) (SWIEZYNSKI, 1994).

Em um cruzamento realizado entre um genitor apresentando reação de resistência extrema (*Ry* _ _) com um genitor susceptível (*ryryryry*), resultará em uma relação de 1:1, se o parental for simplex; se o parental apresentar constituição duplex, apresentará uma relação 5:1; e 1:0, quando for triplex ou

quadriplex. Essa proporção é observada sempre que o alelo estiver ligado ao centrômero, havendo, dessa maneira, somente segregação cromossômica. Se houver segregação cromatídica ou redução dupla, que é a ocorrência de cromátides irmãs em um mesmo gameta, haverá um excesso de descendentes recessivos, dando uma razão de 0,86:1, no caso de simplex; 3,67:1, em duplex; 27:1, para triplex e finalmente 1:0, no caso do genitor ser quadriplex (SOLOMON-BLACKBURN; BARKER, 2001).

Um marcador molecular SCAR, específico para o alelo *Ry_{adg}* tem sido utilizado com sucesso pelos programas de melhoramento (KASAI et al., 2000). O conjunto de *primers* designado de RYSC3, amplificam um fragmento de DNA (321 pb) dentro desse alelo. Os autores testaram o marcador utilizando 103 clones de batata e cultivares com grande diversidade genética, mostrando eficiência de 100% na detecção do referido alelo. Andrade et al. (2009) utilizaram o marcador SCAR para selecionar clones com múltiplas doses do alelo *Ry_{adg}* de populações provenientes do cruzamento de clones duplex (*RyRyryry*). Assim, identificaram alguns clones como fonte de resistência ao PVY que são promissores para serem usados em programas de melhoramento de batata.

A resistência ao PVX, da mesma forma como observado para o PVY, é baseada, principalmente, na hipersensibilidade conferida pelos alelos *Nx* e *Nb*, e pela resistência extrema, proporcionada pelos alelos da série *Rx*. Esses alelos apresentam herança monogênica, dominante e de alta herdabilidade (SOLOMON-BLACKBURN; BARKER, 2001).

Os alelos *Rx* foram identificados em acessos de *S.tuberosum* ssp. *andigena* e em *S. acaule*, recebendo a denominação de *Rx1* e *Rx2*, respectivamente, sendo mapeados nos cromossomos XII e V (COCKERHAM, 1970; RITTER et al., 1991). Baseado nessa informação foi desenvolvido um marcador molecular STS, específico para o alelo *Rx1*. O conjunto de *primers*

designado de RxSP, amplificam um fragmento de DNA (1230 pb) e está ligado ao *Rx1* a 1,3 cM (MORI et al., 2011; OHBAYASHI et al., 2010).

O programa de melhoramento da batata da UFLA vem trabalhando com resistência a viroses desde 1999. Vários clones foram identificados como imunes ao PVY e PVX (ANDRADE et al., 2009; GADUM; PINTO; RIOS, 2003; GUEDES, 2014; NEDER et al., 2010; RIBEIRO et al., 2006; SILVA; PINTO; FIGUEIRA, 2000). Entretanto, esses clones desenvolvidos pelo programa ainda não possuem múltiplas doses dos alelos *Ry_{adg}* e *Rx1* e aptidões culinárias bem definidas.

2.4 Aparência dos tubérculos

Apesar da batata ser um dos alimentos mais completos, a maioria dos consumidores dão pouca importância ao seu valor nutritivo, comparado ao aspecto estético do tubérculo. Em um estudo realizado com consumidores americanos Jemison, Sexton e Camire (2008) relataram as características associadas ao tubérculo que influenciam na decisão de compra, e dentre todas as características, o tipo de periderme foi a que mais influenciou no momento da compra, juntamente com a região de produção. Aqui no Brasil o consumidor procura batatas que tenham periderme lisa e brilhante, com coloração amarela, formato alongado, polpa creme, olhos rasos e tubérculos de tamanho padronizado (HAYASHI, 2001). Porém, apenas pela aparência do tubérculo, o consumidor não tem condições de conhecer suas características a ponto de escolher aquela que melhor atenda aos seus propósitos (MADAIL et al., 2009).

O grande desafio para programas de melhoramento genético da batata consiste em disponibilizar genótipos que atendam às exigências dos produtores, das indústrias e dos consumidores. Dessa forma, além da produtividade e qualidade culinária, exigidos pelo produtor e pela indústria, o melhorista deve

avaliar também, de maneira criteriosa, a aparência externa dos tubérculos, a fim de selecionar genótipos capazes de satisfazer as exigências dos consumidores.

A aparência geral dos tubérculos de batata envolve uma série de caracteres, e consiste em uma combinação equilibrada de componentes individuais como formato e uniformidade de formato, número e tamanho de tubérculos, uniformidade de tamanho, tipo e coloração da película e profundidade dos olhos (NEELE; LOUWES, 1989). Além dessas, outras características como, proeminência das sobranceiras, achatamento do tubérculo, curvatura e apontamento também estão envolvidas na aparência geral dos tubérculos (SILVA et al., 2007). O tipo de película, por exemplo, não é um entrave na aceitação de uma cultivar por parte das indústrias, porém, ela afeta diretamente a aceitação do produto *in natura* pelos consumidores (JEMISON; SEXTON; CAMIRE, 2008) que, no Brasil, dão preferência aos tubérculos de películas lisas e brilhantes em detrimento aos ásperos (PEREIRA, 2003).

A aparência geral do tubérculo é um caráter complexo e de reduzida herdabilidade (MARIS, 1988), comprometendo a eficiência da seleção. Entretanto, estudos feitos com os componentes individuais de aparência, observaram que a seleção baseada nesses componentes é mais eficiente. Altas herdabilidades foram estimadas para apontamento, curvatura dos tubérculos, rachaduras, profundidade dos olhos, textura da periderme e peso médio do tubérculo. Com relação a defeitos fisiológicos dos tubérculos (má formação e crescimento secundário), que também estão associadas à sua aparência externa dos tubérculos, a seleção seria mais eficiente quando baseada na porcentagem de tubérculos expressando esses defeitos do que sobre a severidade da expressão (LOVE; WERNER; PAVEK, 1997).

O formato dos tubérculos, que é uma relação entre o comprimento e a largura, pode ser classificado como redondo, oval ou alongado e é um dos principais caracteres na seleção de genótipos de batata, pois irá ajudar a definir a

aptidão de uso e diferentes segmentos (MADAIL et al., 2009). De acordo com Pádua et al. (2009), o consumidor prefere tubérculos com formato oval e alongado ao comprar batata *in natura* e ressalta que o formato é uma característica muito importante na comercialização dos tubérculos seja na forma *in natura* ou para a indústria de processamento. Por outro lado, para o mercado de *chips* e palha o ideal é que os tubérculos sejam redondos e para batata pré-frita congelada devem ser alongados.

Um estudo da herança do formato de tubérculo, realizado por Jong e Burns (1993), em batatas diplóides, indicou que o controle é realizado por um gene de grande efeito, *Ro*, e um número desconhecido de modificadores, e que o formato redondo é dominante sobre o alongado. Em outro trabalho de mapeamento genético feito por Eck et al. (1994) em espécies diploides, também foi verificado uma dominância de formato redondo sobre o formato alongado. Segundo Silva et al. (2008b) o formato dos tubérculos apresenta alta herdabilidade, sendo possível a seleção, para este caráter, nas gerações iniciais.

A profundidade do olho é também um importante componente da qualidade do tubérculo. Para a comercialização *in natura*, tubérculos com olhos profundos apresentam pior aparência e, para a indústria de processamento, é sinônimo de desperdício durante o descascamento. Alguns autores sugerem que olhos profundos são dominantes em relação a olhos superficiais e outros o contrariam. Recentemente, foi descoberto o loco *Eyd* no cromossomo X de batatas diplóides, cujo alelo dominante confere olhos profundos. Sabe-se também, que esse loco está distanciado a 4cM do loco *Ro* (LI et al., 2005) que controla o formato do tubérculo. Portanto, evidencia-se a ligação entre esses genes que controlam a profundidade do olho e o formato do tubérculo em batatas diplóides.

A textura da periderme é outro fator importante na aceitação dos tubérculos *in natura*, pois os consumidores preferem os tubérculos lisos e

brilhantes, em relação aos de pele áspera (PEREIRA, 2003). Segundo Nielsen (1968) a periderme dos tubérculos é afetada por uma série de fatores como maturidade fisiológica, temperatura, umidade, textura e teor de matéria orgânica do solo. Ginzberg et al. (2005) confirmam que as altas temperaturas do solo prejudicam a aparência da periderme, e ainda comentam que faltam estudos sobre o desenvolvimento da pele da batata. Pelos trabalhos de Love et al. (1997) e Silva et al. (2008b) a textura da periderme é um caráter que tem herdabilidade alta. Silva et al. (2008a) comenta que, para obtenção de clones com pele lisa e brilhante, pelo menos um dos genitores deve possuir esta característica. A tonalidade da coloração em tubérculos com película amarela é uma característica importante, uma vez que tubérculos de tonalidade clara são associados à batata recém-colhida, sendo preferidos pelos consumidores em relação às mais escuras.

A uniformidade dos tubérculos, tanto para formato quanto para tamanho também são características desejáveis em programas de melhoramento, como relatado por Nielsen (1968) e Silva et al. (2009).

Alguns fatores contribuem negativamente para a aparência dos tubérculos como o esverdeamento e os defeitos fisiológicos causados por condições ambientais inadequadas (embonecamento ou crescimento secundário e rachaduras). O esverdeamento dos tubérculos se deve à síntese e acúmulo de clorofila, e é influenciado por vários fatores, destacando-se a intensidade de luz. Simultaneamente à síntese de clorofila, ocorre a síntese de glicoalcalóides, que podem ser tóxicos (GRUNENFELDER et al., 2006). O embonecamento está associado às condições de estresse ambiental, que paralisam o crescimento da planta, e quando ocorre à melhoria das condições, o desenvolvimento do tubérculo é retomado ocorrendo o crescimento secundário. Este processo é estimulado por temperaturas do solo acima de 27° C e quanto mais alta a temperatura maior a severidade (HOOKER, 1990). Outra desordem importante é a rachadura, que correspondem às fissuras na superfície dos tubérculos, e está

associada ao déficit hídrico e às temperaturas elevadas (HILLER; THORNTON, 1993).

Disponibilizar genótipos que atendam às exigências dos produtores, das indústrias e dos consumidores é sem dúvida o grande desafio para os programas de melhoramento genético da batata. Dessa forma, além da produtividade e qualidade culinária, exigidos pelo produtor e pela indústria, o melhorista deve avaliar também, de maneira criteriosa, a aparência externa dos tubérculos, a fim de selecionar genótipos capazes de satisfazer as exigências dos consumidores para uso doméstico.

2.5 Processamento industrial da batata

É crescente a demanda no Brasil por alimentos práticos, de fácil preparo e, ao mesmo tempo, nutritivos e saborosos. Nesse contexto, o segmento de vegetais congelados apresenta forte potencial de expansão no mundo todo. A procura por esses alimentos, já relativamente populares no Brasil, tem aumentado nos últimos anos, à medida que o ritmo de vida acelerado, sobretudo nos grandes centros urbanos, limita o tempo dedicado às refeições.

O consumo brasileiro de batatas pré-fritas congeladas apresentou um aumento de seis vezes no período de 1997 a 2012. Entretanto a indústria nacional ainda não consegue suprir toda a demanda de batatas congeladas, necessitando de importações. Até 2006 a quase totalidade da batata congelada consumida no Brasil era importada (98%), já em 2012, após a criação de empresa nacional, a participação aumentou para aproximadamente 26% das batatas pré-fritas congeladas produzidas no país (RAMOS; SILVA; DUMBRA, 2013).

Entretanto, o maior consumo de batata no Brasil ainda é *in natura*, sendo que a quantidade destinada para processamento é de aproximadamente 10%,

com tendências que essa participação aumente nos próximos anos considerando a mudança do perfil do consumidor brasileiro. Por diversos fatores, o consumo de batata processada industrialmente tem aumentado, enquanto o consumo *in natura* tem reduzido. O levantamento do IBGE apontou um aumento de 37% no consumo de batata pré-frita e redução de 24% no mercado *in natura* no período de 2002 a 2008 (GERALDINI; JULIÃO; BORGAT, 2011).

Muitas são as formas de processamento industrial da batata, porém, ainda pouco exploradas no Brasil, dentre as quais pode-se citar a produção de fécula, flocos, farinhas, grânulos e a grande quantidade de produtos extrusados como: amidos pré-gelatinizados, farinhas instantâneas, sopas, macarrões, biscoitos.

O Brasil possui um mercado consumidor potencial para a batata processada industrialmente na forma de fritura, mas para atender a essa demanda, são necessárias cultivares que satisfaçam alguns padrões de qualidade. Essas cultivares devem possuir componentes de qualidade internas muito importantes que fazem a boa culinária, tais como, altos teores de matéria seca e baixas concentrações de açúcares redutores, além de apresentar componentes de qualidade externa, como olhos pouco profundos, tamanho e formato adequado para cada finalidade.

O teor de matéria seca é uma das características mais importantes para o processamento da batata na forma de fritura e está diretamente relacionada com o rendimento (menor absorção de óleo na fritura) que determina a obtenção de produtos processados mais econômicos e de melhor qualidade. Altos teores de matéria seca favorecem a qualidade final do produto, conferindo-lhe menor absorção de óleo, maior rendimento e crocância, ficando menos engordurados e moles. Para tubérculos com baixo conteúdo de sólidos ocorre o inverso (VENDRUSCOLO; ZORZELLA, 2002).

A quantidade de matéria seca é uma característica que depende principalmente do conteúdo de amido nos tubérculos, visto que este constitui o principal componente da matéria seca, conferindo à batata condição de alimento energético. Os grãos de amido são formados nos estádios iniciais da tuberização, aumentando o seu conteúdo durante o crescimento do tubérculo.

Altos teores de massa seca aumentam o rendimento dos produtos processados, reduzem a absorção de gordura durante a fritura, melhoram a textura e a crocância, reduzem a formação de bolhas, resultando em produtos de melhor qualidade (HOWARD, 1978; HOOPES; PLAISTED, 1993; JANSKY, 2008; LULAI; ORR, 1979). A textura do *chips* depende da composição do amido e o sabor inclui aspectos de gosto e aroma (JANSKY, 2008), que são caracteres difíceis de serem mensurados (HOOPES; PLAISTED, 1993).

A massa seca dos tubérculos corresponde a relação entre a massa fresca e a massa seca que pode ser expressa em porcentagem (BEUKEMA; ZAAG, 1990), que são todos os componentes do tubérculo após a remoção da água. Está positivamente correlacionada com a gravidade específica e a maturidade dos tubérculos sendo obtida indiretamente, constituindo-se num indicador de qualidade farinácea da batata, que pode ser avaliada durante a colheita (GRAY; HUGHES, 1978). Para boa qualidade de processamento de batata na forma de palitos pré-fritos e chips são requeridos valores entre 20% e 24%, ou seja, equivalente à gravidade específica de 1,080 a 1,095 (PEREIRA, 2003; ZORZELLA et al., 2003).

A síntese, o transporte e o acúmulo de matéria seca são características quantitativas controladas por vários genes (HAYNES; HAYNES, 1983). A batata, de modo geral, é composta por aproximadamente 80% de água e 20% de matéria seca, porém, nas condições brasileiras, o teor de matéria seca é variável. Essa variação no teor de matéria seca dos tubérculos depende de vários fatores como cultivar, ciclo da cultura, época de plantio, adubação, teores de água e

matéria orgânica no solo, incidência de doenças, região de plantio, temperatura e luminosidade (REZENDE, 2007).

A metodologia mais empregada para a determinação do teor de matéria seca é a estimativa do peso específico (KLEINKOPF et al., 1987; PORTER; FITZPATRICK; TALLEY, 1964; WOODBURY; WEINHEIMER, 1965), pois é uma metodologia simples e não destrutiva.

Segundo Schippers (1976), existe uma correlação positiva entre o peso específico e o teor de matéria seca dos tubérculos, e com a expressão algébrica a seguir determina-se o teor de matéria seca; $MS = -217,2 + 221,2 D$, em que MS: matéria seca e D: densidade do tubérculo (peso específico). Para obtenção do peso específico, obtêm-se o peso dos tubérculos no ar e na água, em balança hidrostática, de acordo com a seguinte equação (KLEINKOPF et al., 1987; SMITH, 1975):

$$PE = \text{Peso no ar} / (\text{Peso no ar} - \text{Peso na água})$$

O baixo teor de açúcares redutores é uma exigência que qualifica os tubérculos para a produção de chips ou palitos, relacionado à cor do produto final (RODRIGUES; PEREIRA, 2003; SOWOKINOS, 2001). Para o consumidor, a cor é o fator mais importante na decisão de consumo, associado ao sabor e o aroma (JANSKI, 2008).

Durante o crescimento e desenvolvimento dos tubérculos, na colheita e na pós-colheita ocorre a formação de açúcares, a partir da degradação do amido, sendo a sacarose um açúcar não redutor e a glicose e frutose os açúcares redutores (MILLER; HARRINGTON; KUHN, 1975; SOWOKINOS, 2001). A quantidade de açúcares redutores presentes está diretamente associada ao escurecimento dos produtos processados (KUMAR; SINGH; KUMAR, 2004; PEREIRA et al., 2007). Existe uma alta correlação positiva entre a cor do produto final processado e o teor de açúcares redutores na matéria-prima

(OHARA-TAKADA et al., 2005). Portanto, as cultivares de batata utilizadas para processamento precisam ter baixos teores de açúcares redutores associados à altos teores de massa seca (KUMAR; SINGH; KUMAR, 2004; THOMPSON et al., 2008), que são negativamente correlacionados (OLIVEIRA et al., 2006; SALAMONI et al., 2000).

No início de tuberização, os açúcares redutores e a sacarose estão com níveis elevados, entre 0,75 e 1,5% da massa fresca, que vai reduzindo com o crescimento dos tubérculos até a maturidade (GRAY; HUGHES, 1978). Logo após a maturidade natural da planta é o momento em que os açúcares redutores nos tubérculos estão com níveis mais baixos o que irá propiciar a cor mais clara às batatas fritas tipo *chips* (HAYNES; THILL, 2003).

A principal razão destes açúcares redutores afetarem a qualidade da batata é o fato de que, sob altas temperaturas de fritura, ocorre a reação típica de Maillard ou reação de escurecimento não enzimático. Este escurecimento se inicia com a reação entre o grupamento carbonila ou cetona do açúcar redutor e o grupo amino de aminoácidos, peptídeos ou proteínas, resultando no surgimento das melanoidinas pigmentadas. A reação de Maillard sofre influência decisiva da temperatura, sendo violenta a 150°C, rápida a 100°C e lenta a 67°C. Como a temperatura do óleo no processo de fritura é normalmente de 180-185°C, tem-se uma alta eficiência de reação (COELHO; VILELA; CHAGAS, 1999). Apesar de causarem o escurecimento, os açúcares redutores não são completamente indesejáveis nos tubérculos destinados à industrialização, pois níveis muito baixos deixam o produto muito branco (FREITAS et al., 2006).

Para batatas fritas na forma de palitos pré-fritos e *chips* são requeridos teores de açúcares redutores geralmente abaixo de 0,035% da massa fresca para processamento na forma de *chips* e 0,12% quando processadas na forma de palitos (STARK et al., 2003).

3 MATERIAIS E MÉTODOS

3.1 Local

Os ensaios foram conduzidos no Laboratório de Virologia Vegetal e Virologia Molecular do Departamento de Fitopatologia, no Laboratório de Genética Molecular e em casa de vegetação do Departamento de Biologia, ambos os departamentos da Universidade Federal de Lavras (UFLA). Além destes, também foram conduzidos experimentos de campo nos municípios de Lavras e de Formiga, MG.

3.2 Material experimental

Foram avaliados 94 clones designados por CMA (ANDRADE et al., 2009) oriundos de cruzamentos entre clones duplex OAS 3-30 e JUG 2-20 (RIBEIRO et al., 2006). Esses genótipos foram oriundos de clones selecionados para resistência aos vírus PVX e PVY introduzidos do CIP (1989). Também foram avaliados 16 clones designados por DGN (NEDER et al., 2010) obtidos de cruzamentos entre JUG e a cultivar Chiquita, que também são oriundos de clones selecionados para resistência ao vírus PVY.

3.3 Desempenho agrônômico

Para avaliação dos caracteres agrônômicos foram conduzidos quatro experimentos, sendo três no município de Lavras na área experimental do Departamento de Biologia da Universidade Federal de Lavras – MG, situado a 919 metros de altitude, 21°14' S de latitude e 44°59' W de longitude. Esses três experimentos foram conduzidos na safra de inverno de 2012, 2013 e 2014. No

último experimento foram avaliados apenas os 20 clones, que apresentaram dupla resistência, sendo 15 clones CMA e 5 clones DGN todos com a presença simultânea dos alelos Ry_{adg} e $Rx1$.

O quarto experimento foi conduzido na Fazenda Boa Esperança localizada no município de Formiga – MG, situado a 776 metros de altitude, 20°29' S de latitude e 45°47' W de longitude, em propriedade particular de produtor tradicional de batata também na safra de inverno de 2013.

Em todos os experimentos foi empregado o delineamento de blocos casualizados (DBC) com três repetições e parcelas de cinco plantas no espaçamento de 0,30 m x 0,80 m. Como testemunhas foram utilizadas as cultivares Ágata, Caesar e Markies. Os procedimentos agronômicos foram feitos como nos cultivos comerciais da região.

Em todos os experimentos foram avaliados os seguintes caracteres:

- a) produção total de tubérculos (g planta^{-1});
- b) produção de tubérculos graúdos (diâmetro transversal acima de 45 mm) (g planta^{-1});
- c) peso específico de tubérculos, estimado por peso no ar / (peso no ar – peso na água);
- d) porcentagem de matéria seca dos tubérculos estimada pela expressão de Schippers (1976);
- e) produção de matéria seca por hectare considerando uma densidade populacional de 40 mil plantas. ha^{-1} e a produção de tubérculos graúdos;
- f) formato de tubérculos (nota 1 = redondo a nota 5 = alongado);
- g) profundidade dos olhos (nota 1 = olhos profundos a nota 5 = olhos rasos);
- h) aparência geral (nota 1 = má aparência a nota 5 = boa aparência);

- i) textura da periderme (nota 1 = pele áspera a nota 5 = pele lisa);
- j) coloração desenvolvida pelos tubérculos após a fritura, realizada em fritador elétrico, com temperatura de 180° C, por cinco minutos com notas variando de um (claro) até cinco (escuro).

3.4 Seleção de clones com dupla resistência ao PVX e PVY

Foi feita uma avaliação preliminar envolvendo os 110 clones (94 CMA + 16 DGN), utilizando o teste sorológico DAS-ELISA, para identificação dos clones suscetíveis ao *Potato virus Y* (PVY) e ao *Potato virus X* (PVX). Os clones que foram avaliados já haviam sido cultivados em campo por algumas gerações, podendo assim ter sido contaminados pelos vírus X e Y.

Após avaliação preliminar, os clones foram submetidos à análise molecular para detectar a presença do alelo *Ry_{adg}* por meio do par de *primers* RYSC3 e a presença do alelo *Rx1* através do par de *primers* RxSP. O par de *primer* RYSC3 foi identificado por Kasai et al. (2000) e amplifica uma região dentro do gene *Ry_{adg}*, produzindo fragmentos de 321 pb e com sequências do par de *primer* 5` ATA CAC TCA TCT AAA TTT GAT GG 3` e 5` AGG ATA TAC GGC ATC ATT TTT CCG A 3`. Já o par de *primer* RxSP foi identificado por Ohbayashi et al. (2010) e está ligado ao gene *Rx1*, com uma frequência de recombinação de 1,3%, produzindo fragmentos de 1230 pb e com sequências do par de *primer* 5` ATC TTG GTT TGA ATA CAT GG 3` e 5` CAC AAT ATT GGA AGG ATT CA 3`.

3.4.1 Extração de DNA

O DNA foi extraído utilizando-se o método descrito por Ferreira e Grattapaglia (1998) com modificações. Coletou-se cerca de 180mg de folhas de cada planta, as quais foram maceradas na presença de nitrogênio

líquido, adicionando-se ao macerado 700µL em 10 mL do tampão de extração (0,2g de brometo de centiltrimetil-amônio (CTAB), 1 mL de Tris 1M, 0,4mL de EDTA 0,5M, 0,82g de NaCl, 0,1g de polivinilpirrolidona 40.000, 8,6mL de água pura) previamente adicionado de 2-β-mercaptoetanol na proporção de 2%. Em seguida, o macerado foi mantido em banho-maria a 65°C por 30 minutos, agitando-se a cada 10 minutos. Passado este período adicionou-se 600µl da solução clorofórmio: álcool isoamílico na proporção de 24:1, seguindo para a centrifugação do material por 5 minutos a 12.000 rpm.

Ao sobrenadante coletado foram adicionados 400µl de isopropanol frio e esse foi centrifugado por 5 minutos a 12.000 rpm, para a precipitação do DNA. O sobrenadante foi descartado e o pellet submetido a duas lavagens com 1mL de etanol 70% frio e uma lavagem em etanol absoluto, intercalando-se com centrifugações por 5 minutos a 12.000 rpm. Eliminado o etanol absoluto, na última lavagem, o pellet foi secado a vácuo por 2 minutos e ressuspensionado com 30µl de TE (Tris 1mM e EDTA 0,1mM, pH 8,0). O DNA extraído foi quantificado comparando-se com padrões de DNA Low Mass Ladder, nas concentrações de 80, 100 e 120 ng/µl, por meio de eletroforese em gel de agarose em TBE (tris, ácido bórico e EDTA) sob uma corrente de 100V. Posteriormente, o DNA foi diluído com TE para concentração de 10 ng/µL, e que foi utilizado nas análises de PCR.

3.4.2 Reação de PCR

A reação de PCR foi feita para um volume total de 10µL, contendo: 2,0µL de 5X Colorless Go Taq; 0,6µL de MgCl₂ (25mM); 0,2µL de dNTPs (10 mM); 0,5µL de cada *primer* (10pmol/ µL); 0,25µL da enzima Go Taq DNA polimerase flexi; 2µL do DNA genômico e água pura até completar o volume de

10µL. Foi utilizado o par de *primer* SCAR RYSC3 e também o par de *primer* RxSP, separadamente.

As amplificações foram realizadas em termociclador com a seguinte programação, para RYSC3: 95° C por 2 minutos, para desnaturação inicial, seguida de 33 ciclos a 95° C por 1', temperatura de anelamento específica de 51° C por 30'' e 72° C por 30'', seguido de uma extensão final de 4 minutos a 72° C. Para RxSP: 95° C por 2 minutos, para desnaturação inicial, seguida de 33 ciclos a 95° C por 1', temperatura de anelamento específica de 46° C por 30'' e 72° C por 30'', seguido de uma extensão final de 4 minutos a 72° C. Os produtos obtidos dessa reação de amplificação do DNA foram então analisados em gel de agarose a 0,7% corado com GelRed Nucleic Acid Gel Stain.

Como testemunha suscetível foi utilizada a cultivar Monalisa e como testemunha resistente o clone simplex XY9, originado no CIP (Peru).

Dos 110 clones avaliados foram identificados 20 com dupla resistência (resistência ao PVX e ao PVY), sendo 5 clones DGN e 15 clones CMA.

3.5 Determinação da constituição genética dos clones com dupla resistência

Foram testados os 20 clones com dupla resistência para a constituição genética com relação ao alelo *Ry_{adg}* e *Rx1*. Para isso foram realizados cruzamentos-teste, envolvendo os clones e a cultivar Monalisa (*ry ry ry ry* e *rx rx rx rx*).

As sementes botânicas foram tratadas com ácido giberélico a 1500 ppm, por 24 horas no escuro, para quebra de dormência. A descendência de cada clone foi semeada em bandejas de isopor, contendo substrato organo-mineral e transplantadas para vasos plásticos, aproximadamente 30 dias após a semeadura em casa de vegetação no Departamento de Biologia da Universidade Federal de Lavras. Em torno de 20 dias após o transplante, coletaram-se folhas jovens das plantas para extração de DNA.

Utilizou-se o par de *primer* SCAR designado por RYSC3 para identificação do alelo *Ry_{adg}* e o par de primer RxSP para identificação do alelo *Rx1o*, foi utilizada uma amostragem de 44 plantas descendentes de cada clone para determinação da constituição genética.

3.6 Avaliação dos clones com dupla resistência utilizando enxertia

3.6.1 Enxertia sobre mudas de fumo infectadas com PVY

Para confirmação da resistência ao PVY dos 20 clones identificados via marcadores moleculares, em casa de vegetação, mudas de fumo cultivar TNN (*Nicotiana tabacum*) foram transplantadas para vasos de 2 kg utilizando como substrato terra, areia e esterco esterelizado, na proporção 2:1:1. Após a emergência das plantas, cerca de 15 dias após o transplante, estas foram inoculadas mecanicamente com o PVY^N (necrótico). Foram usadas 3 plantas de fumo para cada clone. Como testemunhas foram plantados 7 clones com resistência (+) e suscetibilidade (-) conhecidas, sendo 4 clones (-) e 3 clones (+). A inoculação mecânica das plantas de fumo sadio foi feita com extrato foliar de plantas infectadas obtido pela maceração em almofariz de folhas com sintomas na presença de tampão fosfato 0,01M, pH 7,0, contendo sulfato de sódio na mesma molaridade, na proporção de 1g de folha/5ml de solução, empregando-se o método de fricção com carborundum (400 mesh). Em seguida, as plantas foram lavadas em água corrente e mantidas em casa de vegetação até avaliação final.

Após o aparecimento dos sintomas típicos do PVY foram feitas as enxertias. Hastes dos clones e das testemunhas foram cortadas na base e enxertados por garfagem no topo das plantas de fumo infectadas. Quando as enxertias completaram 30 e 40 dias, três a quatro folhas jovens de cada planta de

batata foram coletadas a fim de se realizar o teste sorológico DAS-ELISA (CLARK; ADAMS, 1977), para verificação da presença desse vírus, empregando-se antissoros policlonais da AGDIA.

3.6.2 Enxertia sobre mudas de datura infectadas com PVX

Para a confirmação da resistência dos 20 clones, ao PVX, também foi feito a enxertia utilizando os mesmos procedimentos citados anteriormente para o PVY, porém a planta porta-enxerto foi a datura (*Datura stramonium*) e as testemunhas também foram clones com resistência (+) e suscetibilidade (-) conhecidas, sendo 5 clones (-) e 2 clones (+).

Quando as enxertias completaram 30 e 40 dias, três a quatro folhas jovens de cada planta de batata foram coletadas a fim de se realizar o teste sorológico DAS-ELISA (CLARK; ADAMS, 1977), para verificação da presença desse vírus, empregando-se antissoros policlonais da AGDIA.

3.7 Análises estatísticas

3.7.1 Análise de variância individual dos experimentos

Os dados obtidos de todos os caracteres avaliados foram submetidos à análise de variância empregando-se o seguinte modelo estatístico para blocos casualizados:

$$Y_{ij} = \mu + g_i + b_j + e_{ij}$$

em que:

Y_{ij} : observação do i-ésimo tratamento na j-ésima repetição;

μ : média geral do experimento;

g_i : efeito fixo do tratamento i;

b_j : efeito fixo da repetição j;

e_{ij} : erro experimental com $e_{ij} \sim N(0, \sigma_E^2)$

3.7.2 Análise de variância conjunta dos experimentos

Para a certificação da homogeneidade dos quadrados médios dos erros das análises individuais, foi aplicado o teste de Bartlett (RAMALHO; FERREIRA; OLIVEIRA, 2000). Assim, foi realizada a análise conjunta considerando o seguinte modelo estatístico:

$$Y_{ik} = \mu + g_i + a_k + (ga)_{ik} + e_{ik}$$

em que:

Y_{ik} : resposta média do tratamento i no ambiente j para o caráter considerado;

g_i : efeito fixo do tratamento i ($i = 1, 2, \dots, 117$);

a_k : efeito fixo do ambiente k ($k = 1, 2, 3$);

$(ga)_{ik}$: efeito fixo da interação específica do tratamento i com o ambiente k;

e_{ik} : erro experimental médio, assumindo independente e $E \sim N(0, \sigma^2)$.

As análises de variância foram efetuadas para todos os caracteres em cada local e, posteriormente, foi realizada a análise conjunta dos experimentos por meio do procedimento GLM do pacote estatístico SAS (STATISTICAL ANALYSIS SYSTEM INSTITUTE - SAS INSTITUTE, 2000). Também foi realizado o teste de agrupamento Scott-Knott para todos os caracteres em cada experimento empregando o software R (R DEVELOPMENT CORE TEAM, 2008).

A acurácia seletiva ($\hat{r}_{gg}$) foi estimada pela seguinte expressão (RESENDE; DUARTE, 2007):

$$\hat{r}_{gg} = \sqrt{1 - \frac{1}{F}}$$

em que:

F: valor do teste F de Snedecor para o efeito de tratamento associado à ANAVA.

3.7.3 Constituição genética

Para testar a constituição genética dos clones, foi empregado o teste χ^2 , considerando apenas a segregação cromossômica com as seguintes hipóteses para Ry_{adg} e $Rx1$:

Simplex $\rightarrow H_0$: 1 (com banda):1 (sem banda)

Duplex $\rightarrow H_0$: 5 (com banda):1 (sem banda)

Triplex $\rightarrow H_0$: 1 (com banda): 0 (sem banda)

Quadriplex $\rightarrow H_0$: 1 (com banda): 0 (sem banda)

3.8 Classificação dos clones

A partir das médias da análise conjunta dos quatro experimentos, os 20 clones com dupla resistência foram selecionados para as diferentes aptidões culinárias, utilizando níveis independentes de eliminação, que se baseiam no estabelecimento de níveis mínimos ou máximos para cada caráter, e posterior seleção dos clones cujo desempenho se enquadram nos limites pré-estabelecidos (RAMALHO et al., 2012).

Os clones que apresentaram peso específico $\geq 1,075$ (peso específico da cultivar Markies) foram classificados com aptidão para o processamento industrial. Entre eles, os que apresentaram notas de formato $\leq 3,33$ foram considerados clones para indústria de *chips* e palha e os que apresentaram notas de formato $\geq 3,33$ foram classificados como clones para indústria de pré-fritas. Os clones que apresentaram peso específico $\leq 1,075$ foram definidos como clones para o consumo *in natura*.

4 RESULTADOS

4.1 Análises de variância individuais

4.1.1 Experimento em lavras (maio a setembro/2012)

Para avaliar a precisão experimental foi utilizada a acurácia seletiva que é uma medida da repetibilidade do desempenho dos clones nas diferentes repetições. Esta estatística varia de 0 a 1 (RESENDE; DUARTE, 2007) e pode ser classificada como muito alta ($\hat{r}_{gg} \geq 0,90$), alta ($0,70 \leq \hat{r}_{gg} < 0,90$), média ($0,50 \leq \hat{r}_{gg} < 0,70$) e baixa ($\hat{r}_{gg} < 0,50$). No presente trabalho as estimativas de acurácia foram de alta magnitude para todos os caracteres (Tabelas 1 e 2).

As análises de variância revelaram que todas as características avaliadas apresentaram diferenças significativas a 1% de probabilidade de erro, pelo teste F, o que permite inferir que pelo menos um dos contrastes entre esses tratamentos deva ser significativo (Tabelas 1 e 2).

Entre clones, houve diferença significativa para todos os caracteres, o que evidencia a existência de ampla variabilidade genética. Porém, entre testemunhas houve diferença significativa apenas para coloração após fritura. O efeito do contraste clones vs. testemunhas foi não significativo para os caracteres produção total de tubérculos, textura da periderme, profundidade de olho e aparência geral, indicando que, em média, neste ambiente, os clones apresentaram desempenho semelhante ao das testemunhas para essas características (Tabelas 1 e 2).

As médias para produtividade total e produção de tubérculos comerciáveis foram baixas, fato que pode ser justificado pela incidência de requeima (*Phytophthora infestans*) na lavoura, o que reduziu o ciclo vegetativo, impedindo o aumento de produção. Para peso específico, a média geral dos

clones foi de 1,074, sendo possível identificar clones com aptidão tanto para uso doméstico quanto para a indústria. Como o peso específico apresenta alta correlação com o teor de matéria seca, que é responsável pela qualidade da fritura, pode-se perceber uma maior média para os clones em relação às testemunhas (Tabela 1). Quanto às notas de aparência geral, textura da periderme e profundidade dos olhos pode-se observar que os clones apresentaram tendência de serem inferiores às testemunhas. (Tabela 2).

Tabela 1 Resumo das análises de variância para produção total de tubérculos, produção de tubérculos comerciáveis, peso específico, produção de matéria seca, cor após fritura. Lavras, MG, 2012

Fonte de Variação	GL	Quadrado médio				
		Produtividade total de tubérculos (g planta ⁻¹)	Prod. tubérculos comerciáveis (g planta ⁻¹)	Peso específico (x 10 ⁻⁴)	Produção de matéria seca (t ha ⁻¹)	Coloração após fritura
Blocos	2	215263	196204	14,4277**	10,0694	1,24189*
Tratamentos	112	256196**	127619**	2,78**	9,1667**	1,32822**
Entre clones	109	257230**	126388**	2,76**	9,0701**	1,23995**
Entre testemunhas	2	101511 ^{ns}	9677 ^{ns}	0,77 ^{ns}	0,4788 ^{ns}	5,7778**
Clones vs test.	1	452906 ^{ns}	497698**	8,62**	37,0824**	2,0504**
Erro	224	100924	49998	1,3	3,6827	0,30736
$\hat{r}_{gg}^2$		0,77	0,77	0,72	0,77	0,87
Média clones		598,5	303,9	1,074	2,51	2,29
Média testemunhas		371,1	65,56	1,064	0,46	2,77
Média geral		592,4	297,6	1,074	2,46	2,30

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

Tabela 2 Resumo das análises de variância para formato do tubérculo, textura da periderme, profundidade dos olhos, aparência geral. Lavras, MG, 2012

Fonte de Variação	GL	Quadrado médio			
		Formato do tubérculo	Textura da periderme	Profundidade dos olhos	Aparência geral
Blocos	2	0,37575	0,1771	0,05598	0,60020
Tratamentos	112	1,20291**	0,69972**	0,72166**	0,50601**
Entre clones	109	1,17249**	0,69969**	0,69998**	0,50229**
Entre testemunhas	2	0,75803 ^{ns}	0,60970 ^{ns}	01,80490 ^{ns}	0,134878 ^{ns}
Clones vs test.	1	5,4089**	1,1806 ^{ns}	0,9182 ^{ns}	1,65424 ^{ns}
Erro	224	0,38694	0,31735	0,32419	0,22396
$\hat{r}_{gg}^2$		0,83	0,74	0,74	0,74
Média clones		2,40	2,65	3,13	2,83
Média testemunhas		3,18	3,01	3,46	3,26
Média geral		2,42	2,65	3,14	2,84

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

4.1.2 Experimento em formiga (abril a setembro/2013)

As estimativas de acurácia variaram de 76%, para produção de matéria seca a 89% para formato e coloração após fritura, indicando boa precisão experimental. Os resumos das análises de variância, para produtividade total de tubérculos, produção de tubérculos comerciáveis, peso específico, produção de matéria seca, coloração após fritura, formato dos tubérculos, textura da periderme, profundidade dos olhos e aparência geral dos tubérculos são apresentados nas tabelas 3 e 4.

Para todos os caracteres avaliados, os tratamentos diferiram significativamente a 1% de probabilidade de erro, pelo teste F. O desdobramento da fonte de variação tratamentos detectou diferenças significativas entre clones para todos os caracteres e, entre testemunhas, não houve diferença somente para peso específico, textura da periderme, e profundidade dos olhos.

O efeito do contraste clones vs. testemunhas foi não significativo para produtividade total de tubérculos, produtividade de tubérculos comerciáveis, produção de matéria seca e coloração após fritura, indicando que, neste ambiente, em média, os clones apresentaram desempenho semelhante ao das testemunhas para tais caracteres.

Na tabela 3 é possível observar a superioridade dos clones em relação às testemunhas para todos os caracteres. Devem-se ressaltar os maiores valores de peso específico e produção de matéria seca dos mesmos, evidenciando a melhor qualidade para processamento dos clones. A cor dos palitos após a fritura apresentou valor médio aceitável para todos os tratamentos, já que a cor comercialmente aceita varia entre 1 (amarelo claro) a 3 (amarelo intenso) (AMOROS; ESPINOZA; BONIERBALE, 2000).

Pode-se observar, também, maiores médias dos clones no plantio de Formiga, quando comparadas com as do plantio de Lavras, com destaque para

produção total de tubérculos, produção de tubérculos comerciáveis, peso específico e produção de matéria seca. Para os caracteres de produtividade, a superioridade foi de 37%, já para produção de matéria seca foi de 53%. Fato que pode ser justificado por melhores condições de cultivo, o que possibilitou a expressão de todo o potencial produtivo dos clones.

Tabela 3 Resumo das análises de variância para produção total de tubérculos, produção de tubérculos comerciáveis, peso específico, produção de matéria seca, cor após fritura. Formiga, MG, 2013.

Fonte de Variação	GL	Quadrado médio				
		Produtividade total de tubérculos (g planta ⁻¹)	Prod. tubérculos comerciáveis (g planta ⁻¹)	Peso específico (x 10 ⁻⁴)	Produção de matéria seca (t ha ⁻¹)	Coloração após fritura
Blocos	2	65685 ^{ns}	86323 ^{ns}	0,7485 ^{ns}	9,0157 ^{ns}	0,65758 ^{ns}
Tratamentos	109	139327**	118061**	2,71**	8,4131**	1,45555**
Entre clones	106	133349**	111761**	2,74**	7,9424**	1,45689**
Entre testemunhas	2	50367**	495226**	1,0 ^{ns}	35,513**	2,1111**
Clones vs test.	1	44365 ^{ns}	31553 ^{ns}	3,1**	4,114 ^{ns}	0,0028 ^{ns}
Erro	218	55700	42194	0,571	3,5494	0,28449
$\hat{r}_{gg}$		0,78	0,80	0,88	0,76	0,89
Média clones		806,8	625,3	1,079	5,385	2,20
Média testemunhas		735,6	565,3	1,073	4,70	2,22
Média geral		804,9	623,7	1,079	5,367	2,20

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

Tabela 4 Resumo das análises de variância para formato do tubérculo, textura da periderme, profundidade dos olhos, aparência geral. Formiga, MG, 2013

Fonte de Variação	GL	Quadrado médio			
		Formato do tubérculo	Textura da periderme	Profundidade dos olhos	Aparência geral
Blocos	2	0,58327 ^{ns}	0,13558 ^{ns}	0,25303 ^{ns}	0,16078
Tratamentos	109	1,04562**	0,72974**	0,56445**	0,40204**
Entre clones	106	1,03431**	0,66280**	0,53782**	0,37418**
Entre testemunhas	2	0,98288**	0,43781 ^{ns}	0,1089 ^{ns}	0,45581*
Clones vs test.	1	2,37124**	8,40938**	4,29**	3,24738**
Erro	218	0,20302	0,17784	0,17758	0,14668
$\hat{r}_{gg}^2$		0,89	0,86	0,82	0,80
Média clones		3,29	3,13	3,18	3,02
Média testemunhas		3,81	4,11	3,89	3,63
Média geral		3,30	3,15	3,20	3,03

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

4.1.3 Experimento em lavras (abril a setembro/2013)

Nas avaliações realizadas as estimativas de acurácia foram de média a muito alta magnitude (RESENDE; DUARTE, 2007) para todos os caracteres. Os resumos das análises de variância se encontram nas Tabelas 5 e 6. Quando se considera os tratamentos houve diferença significativa para todos os caracteres a 1% de probabilidade de erro, pelo teste F.

Com o desdobramento dos graus de liberdade para tratamentos foi evidenciado que os clones diferiram entre si para todos os caracteres. Ao considerar somente as testemunhas houve diferença significativa somente para produção total de tubérculos e coloração após fritura.

Já para o contraste clones vs testemunhas não houve diferença significativa apenas para aparência geral dos tubérculos, indicando que neste ambiente, os clones apresentaram desempenho semelhante ao das testemunhas para essa característica.

Nesse experimento foi possível observar as maiores médias para os caracteres de produtividade, aparência geral e caracteres determinantes para diferentes segmentos de mercado. Foi verificada uma superioridade de 35% dos clones para produtividade total de tubérculos quando comparados com as testemunhas. Na para produção de tubérculos comerciáveis essa superioridade foi ainda maior, 75%. Também vale ressaltar a superioridade dos clones para o caráter produção de matéria seca, 103,3%, evidenciando o grande potencial dos clones para o segmento de indústria.

Tabela 5 Resumo das análises de variância para produção total de tubérculos, produção de tubérculos comerciáveis, peso específico, produção de matéria seca, cor após fritura. Lavras, MG, 2013.

Fonte de Variação	GL	Quadrado médio				
		Produtividade total de tubérculos (g planta ⁻¹)	Prod. tubérculos comerciáveis (g planta ⁻¹)	Peso específico (x 10 ⁻⁴)	Produção de matéria seca (t ha ⁻¹)	Coloração após fritura
Blocos	2	760844 ^{ns}	700612**	0,435 ^{ns}	50,106 **	0,37895 ^{ns}
Tratamentos	94	298200**	286902**	1,89**	23,448**	2,51810**
Entre clones	91	282489**	271194**	1,66**	21,931**	2,50056**
Entre testemunhas	2	725149**	359198 ^{ns}	1,44 ^{ns}	21,4974 ^{ns}	1,0000*
Clones vs test.	1	874040**	1571669**	20,9**	165,435**	7,1510**
Erro	188	166275	126677	0,6584	9,751	0,16973
$\hat{r}_{gg}^{\wedge}$		0,66	0,80	0,80	0,76	0,96
Média clones		1227	986,1	1,081	8,58	2,23
Média testemunhas		910	561,4	1,066	4,22	1,33
Média geral		1217	972,2	1,081	8,44	2,21

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

Tabela 6 Resumo das análises de variância para formato do tubérculo, textura da periderme, profundidade dos olhos, aparência geral. Lavras, MG, 2013

Fonte de Variação	GL	Quadrado médio			
		Formato do tubérculo	Textura da periderme	Profundidade dos olhos	Aparência geral
Blocos	2	1,4732 ^{ns}	1,2594 ^{**}	0,39962 ^{ns}	0,60020
Tratamentos	94	1,09563 ^{**}	0,39603 ^{**}	0,78016 ^{**}	0,50601 ^{**}
Entre clones	91	1,09697 ^{**}	0,39111 [*]	0,72726 ^{**}	0,50229 ^{**}
Entre testemunhas	2	0,19654 ^{ns}	0,04988 ^{ns}	0,34248 ^{ns}	0,134878 ^{ns}
Clones vs test.	1	2,7709 [*]	1,53624 ^{**}	6,46904 ^{**}	1,65424 ^{ns}
Erro	188	0,47659	0,26323	0,43396	0,22396
$\hat{r}_{gg}^{\wedge}$		0,75	0,57	0,66	0,74
Média clones		2,73	2,99	3,13	3,28
Média testemunhas		3,29	3,40	3,46	4,14
Média geral		2,74	3,00	3,14	3,31

^{**}, ^{*}: significativo, a 1% e 5%, respectivamente, pelo teste F; ns: não significativo, a 5% de probabilidade, pelo teste F.

4.2 Análise de variância conjunta

A acurácia seletiva refere-se à correlação entre o valor genotípico verdadeiro do tratamento genético e aquele estimado ou predito a partir das informações dos experimentos (COSTA et al., 2005). Nas avaliações realizadas, as estimativas de acurácia foram em torno de 87%, estimativas consideradas altas, o que se reflete em alta precisão.

O resumo das análises de variância conjunta e as médias para os três experimentos, envolvendo os clones comuns, é apresentado nas Tabelas 7 e 8. O teste F foi significativo para o efeito de tratamentos e entre clones para todos os caracteres avaliados. Isso, de certa forma, vem confirmar a diferença existente entre os tratamentos, considerando a existência de variabilidade entre os genótipos avaliados.

Já para o efeito de testemunhas, o teste F não foi significativo para profundidade dos olhos e aparência geral dos tubérculos, o que significa que para esses caracteres, as três testemunhas apresentam potencial equivalente. O efeito do contraste clones vs testemunhas só não foi significativo para coloração após fritura, indicando que para maioria dos caracteres os clones e as testemunhas tiveram comportamentos diferentes.

Considerando o contraste clones vs testemunhas, observou-se desempenho superior dos clones para maioria das características (Tabelas 7 e 8). Destaque deve ser dado para os caracteres produtividade e produtividade de tubérculos graúdos, em que os clones tiveram média 28 e 56%, respectivamente, acima das testemunhas. Além disso, os clones apresentaram uma superioridade de 70% para produção de matéria seca, caracteres que são relevantes para a escolha de um material a ser utilizado na indústria de processamento de batata. Já para os caracteres de aparência geral, formato dos tubérculos, textura da

periderme e profundidade dos olhos as testemunhas apresentaram médias superiores aos clones (Tabela 8).

A fonte variação safras foi significativa pelo teste F para a todos os caracteres avaliados, evidenciando a ação do ambiente sobre essas características, uma vez que as condições ambientais entre as safras foram diferentes. A interação tratamentos x safras foi significativa para a maioria dos caracteres, exceto formato dos tubérculos, profundidade dos olhos e aparência geral. Isso indica que os clones e as testemunhas não apresentaram comportamento coincidente nos diferentes locais de avaliação. Ao considerar o desdobramento da interação em clones x safras, da mesma forma que ocorreu com tratamentos x safras, não houve significância somente para formato dos tubérculos, profundidade dos olhos e aparência geral. Pode-se inferir que alguns clones podem apresentar adaptação específica a um determinado ambiente.

Já na interação testemunhas x safras, verificou-se significância apenas para produtividade total de tubérculos, produtividade de tubérculos comerciáveis, coloração após fritura e profundidade dos olhos. Para o contraste clones vs testemunhas x ambientes, houve diferença significativa para produção de tubérculos comerciáveis, produção de matéria seca e textura da periderme, indicando que o desempenho dos clones foi diferente ao das testemunhas nas três safras.

Tabela 7 Resumo da análise de variância conjunta para produção total de tubérculos, produção de tubérculos comerciáveis, peso específico, produção de matéria seca, cor após fritura

Fonte de Variação	GL	Quadrado médio				
		Produtividade total de tubérculos (g planta ⁻¹)	Prod. tubérculos comerciáveis (g planta ⁻¹)	Peso específico (x 10 ⁻⁴)	Produção de matéria seca (t ha ⁻¹)	Coloração após fritura
TRATAMENTOS	112	310479**	231529**	4,451**	17,43**	2,09658**
Clones	109	301624**	216377**	4,264**	16,12**	2,11703**
Testemunhas	2	501757**	540607**	31,00**	35,874**	1,7778**
Clones vs Test.	1	901903**	1280035**	6,80**	125,553**	0,4844 ^{ns}
SAFRAS	2	29444584**	33872851**	35,307**	2651,48**	1,12576*
Trat. x safras	224	195106**	152764**	1,423**	12,02**	1,52021**
Clones x safras	218	191206**	151134**	1,446**	11,86**	1,45006**
Test. x safras	4	414288**	161747**	0,055 ^{ns}	10,808 ^{ns}	3,5556**
Clones vs test. x safras	2	138948 ^{ns}	294552**	1,989 ^{ns}	29,884**	4,3255**
BLOCO (SAFRA)	6	347264**	327713**	5,204**	23,06**	0,75947*
ERRO	630	104318	70179	0,872	5,45	0,25838
$\hat{r}_{gg}^{\wedge}$		0,81	0,83	0,89	0,83	0,93
Média clones		857,7	618,3	1,078	5,31	2,24
Média testemunhas		672,2	397,4	1,068	3,13	2,11
Média geral		852,4	612,1	1,078	5,25	2,24

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

Tabela 8 Resumo da análise de variância conjunta para formato do tubérculo, textura da periderme, profundidade dos olhos, aparência geral

Fonte de Variação	GL	Quadrado médio			
		Formato do tubérculo	Textura da periderme	Profundidade dos olhos	Aparência geral
TRATAMENTOS	112	2,567**	1,1005**	1,33840**	0,8579**
Clones	109	2,521**	1,0311**	1,27350**	0,8186**
Testemunhas	2	1,303**	0,82745*	0,31544 ^{ns}	0,30303 ^{ns}
Clones vs Test.	1	10,1994**	9,2821**	10,5231**	6,29295**
SAFRAS	2	65,361**	21,9565**	2,35**	3,4406**
Trat. x safras	224	0,322 ^{ns}	0,3478*	0,31 ^{ns}	0,2442 ^{ns}
Clones x safras	218	0,324 ^{ns}	0,3459*	0,30062 ^{ns}	0,2423 ^{ns}
Test. x safras	4	0,31683 ^{ns}	0,13467 ^{ns}	0,97042*	0,40800 ^{ns}
Clones vs test. x safras	2	0,16085 ^{ns}	0,96605*	0,63615 ^{ns}	0,10649 ^{ns}
BLOCO (SAFRA)	6	0,811*	0,5241 ^{ns}	0,23624 ^{ns}	0,4437 ^{ns}
ERRO	630	0,350	0,2529	0,30622	0,2358
$\hat{r}_{gg}^2$		0,93	0,87	0,88	0,85
Média clones		2,80	2,91	3,20	2,90
Média testemunhas		3,43	3,51	3,83	3,39
Média geral		2,82	2,93	3,21	2,91

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

4.3 Análise molecular

A análise molecular permitiu a identificação de 20 clones com dupla resistência, com a presença simultânea dos alelos *Ry_{adg}* e *Rx*, sendo 15 clones CMA e 5 clones DGN

4.4 Determinação da constituição genética dos clones com dupla resistência

A avaliação das plantas do cruzamento teste com os marcadores RYSC3 (KASAI et al., 2000) e RxSP (OHBAYASHI et al., 2010) que identificam a presença dos alelos *Ry_{adg}* e *Rx1*, respectivamente, permite inferir sobre a constituição genética do clone parental. A determinação da constituição genética é muito útil para os melhoristas e pode auxiliar na escolha de genitores, entretanto é uma metodologia trabalhosa que demanda um grande número de cruzamentos e avaliação via marcadores moleculares de um grande número de progênies.

Nas tabelas 9 e 10 estão apresentados os valores e as significâncias dos testes χ^2 para as constituições simplex, duplex, triplex e quadriplex para a resistência aos vírus X e vírus Y, respectivamente, dos 20 clones que apresentaram dupla resistência.

Observa-se que todos os clones apresentaram constituição genética simplex (Rxxrxrx) para resistência ao PVX. Para resistência ao PVY a maioria dos clones apresentou constituição genética simplex (*Ryryryry*), contudo foram identificados alguns clones com constituição duplex (*RyRyryry*): CMA 346, DGN 36-02 e DGN 39-08.

A identificação de clones duplex é de grande importância para o melhoramento de batata, pois um cruzamento realizado entre um genitor duplex apresentando reação de resistência extrema (*RyRyryry*) com um genitor

suscetível (*ryryryry*), resultará em aproximadamente 80% de descendentes imunes ao PVY . Assim os clones identificados nesse trabalho podem ser muito úteis como genitores no programa de melhoramento de batata da UFLA, porque permitirá obter grandes populações de clones imunes, que deverão passar por avaliações apenas para caracteres agronômicos.

Tabela 9 Frequências observadas da descendência do cruzamento-teste com presença (+) e ausência (-) da banda para resistência ao PVX e significâncias dos testes de χ^2 para as constituições genéticas simplex, duplex, triplex e quadriplex, considerando a segregação cromossômica

Genótipos	Bandas		Total	Constituição Genética			
	+	-		Simplex	Duplex	Triplex	Quadriplex
CMA 178	16	28	44	3,27 ^{ns}	**	**	**
CMA 194	16	28	44	3,27 ^{ns}	**	**	**
CMA 258	23	21	44	0,09 ^{ns}	**	**	**
CMA 263	16	28	44	3,27 ^{ns}	**	**	**
CMA 299	17	27	44	2,27 ^{ns}	**	**	**
CMA 31	17	27	44	2,27 ^{ns}	**	**	**
CMA 342	25	19	44	0,81 ^{ns}	**	**	**
CMA 346	27	17	44	2,27 ^{ns}	**	**	**
CMA 370	17	27	44	2,27 ^{ns}	**	**	**
CMA 39	21	23	44	0,09 ^{ns}	**	**	**
CMA 399	18	26	44	1,45 ^{ns}	**	**	**
CMA 402	20	24	44	0,36 ^{ns}	**	**	**
CMA 85	18	26	44	1,45 ^{ns}	**	**	**
CMA 91	26	18	44	1,45 ^{ns}	**	**	**
CMA 93	16	28	44	3,27 ^{ns}	**	**	**
DGN 21-10	26	18	44	1,45 ^{ns}	**	**	**
DGN 24-02	21	23	44	0,09 ^{ns}	**	**	**
DGN 36-02	20	24	44	0,36 ^{ns}	**	**	**
DGN 39-08	16	28	44	3,27 ^{ns}	**	**	**
DGN 51-04	23	21	44	0,09 ^{ns}	**	**	**

ns não significativo; * significativo a 5%; ** significativo a 1%; (+) presença da banda. (-) ausência da banda

Tabela 10 Frequências observadas da descendência do cruzamento-teste com presença (+) e ausência (-) da banda para resistência ao PVY e significâncias dos testes de χ^2 para as constituições genéticas simplex, duplex, triplex e quadriplex, considerando a segregação cromossômica

Genótipos	Bandas		Total	Constituição Genética			
	+	-		Simplex	Duplex	Triplex	Quadriplex
CMA 178	20	24	44	0,36 ^{ns}	**	**	**
CMA 194	19	25	44	0,81 ^{ns}	**	**	**
CMA 258	25	19	44	0,81 ^{ns}	**	**	**
CMA 263	16	28	44	3,27 ^{ns}	**	**	**
CMA 299	20	24	44	0,36 ^{ns}	**	**	**
CMA 31	17	27	44	2,27 ^{ns}	**	**	**
CMA 342	28	16	44	3,27 ^{ns}	**	**	**
CMA 346	34	10	44	13,09**	1,19 ^{ns}	**	**
CMA 370	16	28	44	3,27 ^{ns}	**	**	**
CMA 39	16	28	44	3,27 ^{ns}	**	**	**
CMA 399	16	28	44	3,27 ^{ns}	**	**	**
CMA 402	22	22	44	0,0 ^{ns}	**	**	**
CMA 85	17	27	44	2,27 ^{ns}	**	**	**
CMA 91	16	28	44	3,27 ^{ns}	**	**	**
CMA 93	16	28	44	3,27 ^{ns}	**	**	**
DGN 21-10	16	28	44	3,27 ^{ns}	**	**	**
DGN 24-02	21	23	44	0,09 ^{ns}	**	**	**
DGN 36-02	31	13	44	7,36**	5,33 ^{ns}	**	**
DGN 39-08	31	13	44	7,36**	5,33 ^{ns}	**	**
DGN 51-04	16	28	44	3,27 ^{ns}	**	**	**

ns não significativo; * significativo a 5%; ** significativo a 1%; (+) presença da banda. (-) ausência da banda

4.5 Enxertia

Foi possível confirmar, por meio da enxertia, a resistência ao PVX e PVY em todos os clones experimentais identificados como portadores dos alelos *Rx1* e *Ry_{adg}* com os marcadores moleculares. Os clones apresentaram resultados negativos no DAS-ELISA aos 30 e 40 dias após a enxertia, evidenciando que não houve a translocação dos vírus. Na figura 1(A e B) pode-se observar que o clone CMA 370, enxertado em plantas indicadoras infectadas (porta-enxerto) com PVY e PVX, não apresenta sintomas, evidenciando a dupla resistência. Já na figura 1 (C e D) estão apresentados os controles negativos, suscetíveis aos vírus X e Y, com sintomas.



Figura 1 Clone CMA 370, que possui os alelos *Ry_{adg}* e *Rx1*, enxertado sobre planta de fumo infectada com PVY (A) e sobre planta de datura infectada com PVX (B). Controle negativo para presença do alelo *Ry_{adg}* (C) e controle negativo para presença do alelo *Rx1*(D)

4.6 Avaliação agronômica e classificação dos clones com dupla resistência

Os resumos da análise de variância conjunta, para os vinte clones com dupla resistência aos vírus X e Y, para as características avaliadas são apresentados nas Tabelas 11 e 12. As estimativas de acurácia para todas as características avaliadas foram em torno de 90%, estimativas consideradas altas, o que reflete em alta precisão experimental (RESENDE; DUARTE, 2007).

Quando se considera todos os tratamentos, foi observado que houve diferença significativa para todos os caracteres avaliados, a 1% de significância pelo teste F. Com o desdobramento dos graus de liberdade para tratamentos foi evidenciado que os clones também diferiram entre si para todas as características. Ao considerar somente as testemunhas não houve diferença significativa para produtividade total de tubérculos, textura da periderme, profundidade de olhos e aparência geral dos tubérculos.

Em média, os clones e as testemunhas foram diferentes para todos os caracteres, exceto para coloração após fritura. Para produtividade total a média dos clones foi 43 % maior que a das testemunhas, para produtividade de tubérculos comerciáveis e produção de matéria seca por área, essa superioridade foi de 81 e 104%, respectivamente. Já para peso específico os clones apresentaram valores bem mais altos, 1,080, quando comparados com as testemunhas, 1,068. Para os caracteres relativos à aparência dos tubérculos (formato, textura da periderme, profundidade dos olhos e aparência geral) as testemunhas tiveram maior média (Tabelas 11 e 12).

A fonte de variação safras foi significativa pelo teste F para todos os caracteres avaliados, evidenciando a ação do ambiente sobre essas características, uma vez que as condições ambientais entre as safras foram diferentes. A interação tratamentos x safras foi significativa para a maioria dos caracteres, exceto profundidade dos olhos e aparência geral. Isso indica que os

clones e as testemunhas não apresentaram comportamento coincidente nos diferentes locais de avaliação. Ao considerar o desdobramento da interação em clones x safras, não houve significância somente para peso específico, textura da periderme, profundidade dos olhos e aparência geral. Ao que tudo indica, entre os clones alvo do estudo, alguns podem apresentar adaptação específica a um determinado ambiente (Tabelas 11 e 12).

Os clones com dupla resistência, selecionados para o segmento de indústria, apresentaram, no geral, um desempenho para produção de tubérculos comerciáveis e peso específico superior à cultivar Markies, que é utilizada industrialmente no processamento de pré-fritas congeladas (Tabela 13).

Merecem realce os clones CMA258, CMA31 e CMA402 que tiveram produção de tubérculos comerciáveis, peso específico e produção de matéria seca superior às testemunhas e pertencentes aos grupos de maiores médias. Além disso, apresentaram formato alongado e profundidade dos olhos dentro dos padrões aceitáveis do segmento de indústria. O clone DGN39-08 também merece destaque, pois apresenta uma alta produção de matéria seca por área, que é o caráter de maior importância para indústria de processamento. Apresenta também constituição duplex para resistência ao PVY, o que facilitará a obtenção de um maior número de progênies imunes ao PVY.

Tabela 11 Resumo da análise de variância conjunta para produção total de tubérculos, produção de tubérculos comerciáveis, peso específico, produção de matéria seca, cor após fritura para os clones com dupla resistência

Fonte de Variação	GL	Quadrado médio				
		Produtividade total de tubérculos (g planta ⁻¹)	Prod. tubérculos comerciáveis (g planta ⁻¹)	Peso específico (x 10 ⁻⁴)	Produção de matéria seca (t ha ⁻¹)	Coloração após fritura
TRATAMENTOS	22	367638**	306862**	7,74**	29,42**	3,22**
Clones	19	286083**	180255**	5,91**	17,41**	3,40**
Testemunhas	2	161406 ^{ns}	255492**	5,30**	19,15*	3,08*
Clones vs Test.	1	2329640**	2815146**	47,34**	278,16**	0,11 ^{ns}
SAFRAS	3	3413996**	4028276**	14,90**	329,53**	10,85*
Trat. x safras	99	226888**	140404**	1,35**	11,14**	2,06**
Clones x safras	57	204233**	124024*	1,41 ^{ns}	9,84*	1,79**
Test. x safras	6	453720**	231708**	0,18 ^{ns}	13,76*	2,93**
Clones vs test. x safras	3	150809 ^{ns}	230799 ^{ns}	2,64*	27,31**	4,86**
BLOCO (SAFRA)	8	247729**	59002 ^{ns}	1,39 ^{ns}	5,55 ^{ns}	0,12 ^{ns}
ERRO	162	104771	74622	0,91	5,86	0,3231
$\hat{r}_{g\ g}^{\wedge}$		0,84	0,87	0,93	0,89	0,95
Média clones		913,4	672,0	1,080	5,87	2,43
Média testemunhas		638,9	370,2	1,068	2,87	2,50
Média geral		874,6	629,4	1,078	5,44	2,44

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

Tabela 12 Resumo da análise de variância conjunta para formato do tubérculo, textura da periderme, profundidade dos olhos, aparência geral para os clones com dupla resistência

Fonte de Variação	GL	Quadrado médio			
		Formato do tubérculo	Textura da periderme	Profundidade dos olhos	Aparência geral
TRATAMENTOS	22	3,62**	1,87**	1,45**	1,12**
Clones	19	3,74**	1,18**	1,07**	0,81**
Testemunhas	2	1,61*	0,73 ^{ns}	0,10 ^{ns}	0,55 ^{ns}
Clones vs Test.	1	5,55**	17,22**	11,39**	8,04**
SAFRAS	3	12,17**	2,97**	3,15**	0,87*
Trat. x safras	99	0,59*	0,39*	0,27 ^{ns}	0,23 ^{ns}
Clones x safras	57	0,66**	0,35 ^{ns}	0,20 ^{ns}	0,21 ^{ns}
Test. x safras	6	0,21 ^{ns}	0,15 ^{ns}	0,77 *	0,28 ^{ns}
Clones vs test. x safras	3	0,29 ^{ns}	1,49**	0,43 ^{ns}	0,36 ^{ns}
BLOCO (SAFRA)	8	0,66 ^{ns}	0,74**	0,38 ^{ns}	0,33 ^{ns}
ERRO	162	0,39	0,24	0,21	0,24
$\hat{r}_{gg}^{\wedge}$		0,94	0,93	0,92	0,88
Média clones		3,01	2,91	3,36	2,83
Média testemunhas		3,43	3,66	3,96	3,34
Média geral		3,07	3,02	3,44	2,91

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

Tabela 13 Produção, peso específico, produção de matéria seca, formato dos tubérculos e profundidade dos olhos de clones de batata selecionados para resistência aos vírus PVX e PVY para a indústria de pré-fritas congeladas e das testemunhas

Genótipo	Prod. tub. comerciáveis (g planta ⁻¹)		Peso específico		Prod. M. S. (t ha ⁻¹)		Formato dos tubérculos		Profundidade dos olhos	
CMA258	680,4	A	1,0788	B	5,7	A	3,6	A	3,7	A
CMA31	757,0	A	1,0822	B	6,6	A	3,8	A	3,3	B
CMA402	717,7	A	1,0793	B	6,2	A	4,2	A	3,7	A
DGN21-10	453,9	B	1,0768	C	3,9	B	3,5	B	3,8	A
DGN39-08	672,4	A	1,0771	C	5,6	A	3,8	A	3,7	A
Média Geral	629,4		1,0780		5,4		3,0		3,4	
ÁGATA	215,8	B	1,0620	D	1,5	D	3,1	B	4,1	A
CAESAR	505,8	B	1,0662	D	3,9	B	3,8	A	3,8	A
MARKIES	389,1	B	1,0751	C	3,2	B	3,3	B	4,0	A

* Médias seguidas por letras iguais na mesma coluna pertencem ao mesmo grupo pelo teste de Scott-Knott, a 5 % de probabilidade

Os clones citados na tabela 14 podem ser recomendados para produção de *chips* e palha, pois, além de possuírem formato redondo, alto peso específico e olhos pouco profundos, são altamente estáveis e produtivos. Destaque para os clones CMA299, CMA370, CMA39 e DGN24-02 por se enquadrarem no grupo de maior produção de tubérculos comerciáveis e maiores pesos específicos, resultando em alta produção de matéria seca por área. Além disso, também possuem notas de profundidade dos olhos dentro dos padrões aceitáveis, gerando pequeno desperdício durante o descascamento.

Além da produtividade e peso específico, uma das características que mais chama a atenção na indústria de processamento de pré-fritas congeladas ou *chips* e palha é a coloração após a fritura. Os clones avaliados nesse trabalho, que foram destinados para a indústria de processamento, apresentaram notas de coloração após a fritura dentro dos padrões aceitáveis, com coloração clara após a fritura (AMOROS; ESPINOZA; BONIERBALE, 2000).

Tabela 14 Produção de tubérculos comerciáveis (g planta⁻¹), peso específico, produção de matéria seca (t ha⁻¹), formato dos tubérculos e profundidade dos olhos de clones de batata selecionados para resistência aos vírus PVX e PVY para a indústria de *chips* e palha e das testemunhas

Genótipo	Produção de tubérculos		Peso específico		Produção M. S.		Formato tubérculos		Profundidade dos olhos	
CMA194	383,3	B	1,0822	C	3,2	B	2,1	D	3,0	C
CMA263	840,2	A	1,0820	C	7,6	A	2,7	C	2,7	D
CMA299	799,3	A	1,0983	A	7,9	A	2,4	C	3,2	B
CMA342	448,3	B	1,0830	C	3,7	B	2,6	D	3,3	B
CMA346	482,2	B	1,0781	C	4,3	B	3,2	B	3,6	A
CMA370	775,8	A	1,0788	C	6,7	A	2,9	D	3,5	A
CMA39	709,8	A	1,0846	B	6,2	A	2,2	D	3,3	B
CMA399	741,7	A	1,0878	B	6,9	A	2,5	D	2,9	C
CMA85	737,2	A	1,0846	C	6,6	A	2,8	C	3,3	B
DGN24-02	732,7	A	1,0891	B	6,5	A	2,9	D	3,2	B
DGN51-04	484,3	B	1,0755	D	4,0	A	2,6	D	2,9	C
Média Geral	629,4		1,0780		5,4		3,0		3,4	
ÁGATA	215,8	B	1,0620	D	1,5	D	3,1	B	4,1	A
CAESAR	505,8	B	1,0662	D	3,9	B	3,8	A	3,8	A
MARKIES	389,1	B	1,0751	C	3,2	B	3,3	B	4,0	A

* Médias seguidas por letras iguais na mesma coluna pertencem ao mesmo grupo pelo teste de Scott-Knott, a 5 % de probabilidade

A seleção de clones com potencial para o mercado de batata *in natura* (Tabela 15) permitiu identificar materiais com superioridade média de 195% para produtividade de tubérculos graúdos quando comparados com a cultivar Ágata. Para profundidade dos olhos, os clones selecionados e essa cultivar se encontram no mesmo grupo do teste de médias, mas os clones apresentaram pesos específicos mais elevados, o que indica melhor qualidade para fritura (GRIZOTTO, 2005). Já para os caracteres de aparência, pode-se observar uma inferioridade da maioria dos clones em relação às testemunhas.

Tabela 15 Produção de tubérculos comerciáveis (g planta⁻¹), formato dos tubérculos, textura da periderme, profundidade dos olhos e aparência geral de clones de batata selecionados para resistência aos vírus PVX e PVY para o mercado de batata *in natura*

Genótipo	Produção de tubérculos		Formato dos tubérculos		Textura da periderme		Profundidade dos olhos		Aparência geral	
CMA178	694,2	A	3,3	B	3,2	B	3,2	B	2,6	B
CMA91	743,9	A	3,3	B	2,8	C	3,4	B	2,4	B
CMA93	724,8	A	3,0	B	3,5	B	3,8	A	2,7	B
DGN36-02	638,1	A	2,2	D	2,5	D	3,1	C	3,2	A
Média Geral	629,4		3,0		3,0		3,4		2,9	
ÁGATA	215,8	B	3,1	B	3,4	B	4,0	A	3,6	A
CAESAR	505,8	B	3,8	A	3,8	A	3,8	A	3,2	A
MARKIES	389,1	B	3,4	B	3,8	A	4,0	A	3,2	A

* Médias seguidas por letras iguais na mesma coluna pertencem ao mesmo grupo pelo teste de Scott-Knott, a 5 % de probabilidade

5 DISCUSSÃO

No Brasil a cultura da batata é baseada em cultivares desenvolvidas em países de clima temperado, principalmente Holanda, França e Estados Unidos. Em geral essas cultivares apresentam ótima aparência de tubérculos e alta produtividade, o que lhes garantem boa aceitação pelos consumidores e produtores. Por outro lado, mostram deficiências para caracteres que não foram considerados durante a seleção nos países de origem. As diferenças entre as condições de clima temperado e tropical são marcantes, principalmente devido a temperaturas médias mais elevadas, fotoperíodo mais curto e maior pressão de patógenos e pragas. Assim, o custo de produção de cultivares não adaptadas às condições tropicais é elevado, devido a maior utilização de insumos e menor produtividade e qualidade da batata.

Diante das diferenças entre as condições temperadas e condições tropicais, torna-se indispensável o melhoramento visando à obtenção de cultivares adaptadas às condições tropicais. Segundo Pinto (1999) os programas de melhoramento do Brasil devem ter como meta a melhor adaptação às condições edafoclimáticas, e também a tolerância a patógenos e pragas mais comuns, sempre associando essas características a uma elevada produtividade e boas qualidades culinárias.

Do ponto de vista de qualquer segmento de consumo, a produtividade é uma condição para o sucesso do genótipo. A qualidade dos tubérculos, com relação ao teor de matéria seca, é uma exigência da indústria de processamento e tubérculos com boa aparência se tornou um costume do mercado para o uso doméstico. Os clones avaliados nesse trabalho tiveram desempenho superior às testemunhas para produtividade de tubérculos e também foram superiores para produção de matéria seca. Para os caracteres de aparência, as superioridades foram das cultivares testemunhas. Entretanto, houve uma tendência para a

maioria dos clones, de apresentar formato arredondado, podendo ser destinados à indústria de *chips* e palha, na qual a aparência geral não é um entrave para a aceitação de uma cultivar por parte das indústrias (JEMISON; SEXTON; CAMIRE, 2008) (Tabela 11 e 12).

Além da menor produtividade e qualidade do tubérculo, outro problema no cultivo de batata em condições tropicais é a maior pressão de pragas e patógenos. Segundo Haverkort e Verhagen (2008), altas temperaturas proporcionam maior número de ciclos de multiplicações e maior período de crescimento para patógenos e pragas, aumentando a pressão de inóculo. Além disso, para fins comerciais, a batata é propagada por meio de tubérculos e a produção e utilização de tubérculos sementes de alta qualidade é um dos pontos críticos do sistema produtivo da batata.

As viroses são um dos problemas fitossanitários que primeiro aparecem em virtude do abandono da prática de utilização de tubérculos sementes de alta qualidade sanitária, o que facilita a disseminação de doenças juntamente com os tubérculos utilizados como sementes (ÁVILA et al., 2009). Assim, a seleção de clones que conferem resistência às viroses é essencial para atender as exigências do produtor bem como do consumidor. No presente trabalho foi possível identificar vinte clones que apresentam dupla resistência ao PVX e PVY, possibilitando a não degeneração do tubérculo semente e manutenção da sanidade das lavouras. Além disso, a seleção de genótipos com dupla resistência é de grande importância, pois a ocorrência simultânea do PVX e PVY acarreta efeitos sinérgicos severos levando a perdas na produção (PALUKAITIS, 2012), o que justifica a seleção de clones resistentes às duas doenças, como realizado neste trabalho.

Também foi possível selecionar clones com constituição genética duplex para Ry_{adg} e simplex para $Rx1$, a identificação de clones duplex é de grande relevância para o melhoramento de batata, pois facilitará a obtenção de

um maior número de progênies imunes. Para os clones simplex, o inter cruzamento levará ao aumento da frequência dos alelos de resistência e a obtenção de progênies duplex, já que uma das estratégias de melhoramento visando a resistência às viroses é o aumento da frequência dos alelos de resistência, facilitando os trabalhos de melhoramento (PINTO, 2003).

É interessante ressaltar que para resistência aos vírus PVY e PVX, em que a presença de apenas um dos alelos é facilmente identificada via marcador molecular, a seleção precoce pode e deve ser utilizada, já que foi possível verificar nesse trabalho a grande confiabilidade dos marcadores moleculares, pois os clones portadores dos alelos *Rx1* e *Ry_{adg}* apresentaram resultados negativos no DAS-ELISA para os vírus X e Y.

Os trabalhos direcionados à resistência ao PVY e PVX do programa de melhoramento de batata da Universidade Federal de Lavras tiveram início com Silva (1999), visando obter genótipos imunes ao PVX e PVY. Este autor realizou cruzamentos biparentais entre clones portadores dos alelos *Rx1* e *Ry_{adg}*, provenientes do Centro Internacional da La Papa (CIP), no Peru. Vários clones foram identificados como imunes ao PVY e PVX (ANDRADE et al., 2009; GADUM et al., 2003; GUEDES, 2014; NEDER et al., 2010; RIBEIRO et al., 2006; SILVA et al., 2000), entretanto esses trabalhos não utilizaram seleção assistida por marcadores moleculares de forma eficaz para identificação de ambos os alelos.

Embora a seleção visando resistência ao PVX já tenha sido alvo de melhoramento no programa da UFLA (NEDER et al., 2010), o marcador molecular empregado naquela situação não se mostrou eficaz para a seleção de clones portadores do alelo *Rx1*, pois o uso do marcador mostrou ser de difícil aplicação prática, tendo em vista a dificuldade em se obter amplificações de boa qualidade.

A banda que marca o alelo Ry_{adg} é de fácil identificação, não deixando dúvidas quanto à presença do mesmo (KASAI et al., 2000). Para o alelo $Rx1$ o marcador molecular foi desenvolvido mais recentemente (OHBAYASHI et al., 2010), porém o emprego desse marcador é mais complexo já que foi evidenciado em algumas situações uma baixa eficiência de anelamento do *primer*. Observou-se que esse *primer* apresentou maior sensibilidade à impurezas do DNA que o *primer* que marca o alelo Ry_{adg} , também observou-se uma pequena durabilidade da solução de trabalho, ou seja, após a diluição do *primer* para a concentração de 10 pmol/ μ l a eficiência de anelamento se mantém por um curto período de tempo.

Analisando as sequências desse par de *primer* no *software OligoAnalyzer 3.1* evidenciou-se a presença de estruturas secundárias produzidas por interações intermoleculares (*Self Dimer* e *Cross Dimer*) ou intramoleculares (*Hairpins*) que podem levar à não amplificação ou a um pequeno sinal do produto. Elas afetam o anelamento do *primer* ao DNA molde porque diminui significativamente a disponibilidade de *primers* para a reação, assim a amplificação do produto fica comprometida. Entretanto, também foi possível verificar que se utilizado criteriosamente, o par de *primers* se mostra eficiente e confiável na identificação de genótipos portadores do alelo $Rx1$.

O maior mercado de batata no Brasil ainda é de tubérculos para processamento doméstico, *in natura*, sendo que a quantidade destinada para processamento industrial é de aproximadamente 10%, com tendências que essa participação aumente nos próximos anos considerando a mudança do perfil do consumidor brasileiro (RAMOS; SILVA; DUMBRA, 2013). A seleção por meio do método dos níveis independentes empregado neste trabalho permitiu selecionar os genótipos de interesse comercial, dentro dos limites pré-estabelecidos para cada aptidão (Tabelas 13,14 e 15).

Dentre os caracteres que influenciam a qualidade de tubérculos para o processamento no segmento de pré-fritas congeladas, os teores de matéria seca e de açúcares redutores estão associados ao rendimento e à qualidade do produto processado, por determinar a absorção de gordura durante a fritura, a textura e o sabor do produto final (FELTRAN et al., 2004). A profundidade dos olhos é também um importante componente da qualidade do clone, pois para a indústria de processamento, olho profundo resulta em desperdício durante o descascamento (LI et al., 2005). Outro requisito para esse segmento é o formato dos tubérculos, que devem ser alongados, já que o produto final são palitos fritos. Os clones com dupla resistência aos vírus PVX e PVY selecionados para esse segmento apresentaram uma produção de tubérculos comerciáveis 67% superior à cultivar Markies e também foram superiores a esta cultivar em 75% para produção de matéria seca.

É importante ressaltar que além de selecionar clones com alto peso específico é importante que esses também apresentem, simultaneamente, alta produtividade de tubérculos graúdos, resultando em clones com alta produção de matéria seca por área, caráter de maior importância para a indústria de processamento.

Para a processamento no segmento de *chips* e palha, a indústria exige tubérculos que, além de possuírem alto teor de matéria seca, possuam formato arredondado (MÜLLER et al., 2009), no presente trabalho foi possível selecionar clones com características desejáveis para esse segmento e com produção de matéria seca superior às cultivares testemunhas (Tabela 13).

Para o mercado de batata *in natura*, o consumidor brasileiro é muito exigente quanto à aparência de tubérculos, os quais devem apresentar periderme lisa e brilhante, com coloração amarela, olhos rasos, formato oval-alongado e polpa creme (HAYASHI, 2001). Essas características ocorrem com baixa frequência em clones oriundos de cruzamentos e dificultam a obtenção de

cultivares que possuem boa aceitação no mercado. De maneira geral, os clones selecionados neste trabalho apresentaram tubérculos com aparência inferior às testemunhas (Tabela 15), contudo, foi possível identificar alguns genótipos com boa produtividade e que poderiam despertar interesse comercial. Vale ressaltar o comportamento do clone DGN36-02, por apresentar produção de tubérculos comerciáveis e notas de aparência geral semelhante às testemunhas, embora com tubérculos um pouco mais arredondados. Além disso, este clone, também apresenta constituição genética duplex para o alelo Ry_{adg} e simplex para o alelo $Rx1$, podendo ser utilizado como genitor para a formação de uma nova população, com o objetivo de acumular alelos de resistência às virozes e futuramente obter genótipos superiores.

6 CONCLUSÕES

O uso de marcadores moleculares permitiu identificar vinte clones portadores de ambos os alelos *Ry_{adg}* e *Rx1* por meio de marcadores moleculares e a resistência foi confirmada por enxertia e teste sorológico.

Os clones resistentes ao PVY e PVX apresentaram características agrônomicas, qualitativas e culinárias, sendo quatro adequados ao mercado de batata *in natura* e dezesseis para o processamento industrial na forma de pré-fritas congeladas, *chips* e palha.

Foram identificados clones com constituição genética simplex e duplex para o alelo *Ry_{adg}*, e simplex para o alelo *Rx1*.

REFERÊNCIAS

AMOROS, W.; ESPINOZA, J.; BONIERBALE, M. **Assessment of variability for processing potential in advanced potato populations**. Lima: CIP, 2000. 195 p.

ANDRADE, C. M. et al. Potato clones with multiple copies of the *Ry_{adg}* allele conferring resistance to PVY. **Crop Breeding and Applied Biotechnology**, Viçosa, MG, v. 9, n. 9, p. 286-292, Dec. 2009.

ANDRADE, E. R.; FIGUEIRA, A. R. Degenerescência em seis cultivares de batata (*Solanum Tuberosum* L.) na região Sul de Minas Gerais. **Ciência e Prática**, Lavras, v. 15, n. 1, p. 9-15, 1991.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE BATATA. **A batata como alimento**. Itapetininga, 2010. Disponível em: <http://www.abbabatatabrasileira.com.br/alim_valornutricional.htm>. Acesso em: 17 maio 2014.

AVESANI, L. et al. Stability of Potato virus X expression vectors is related to insert size: implications for replication models and risk assessment. **Transgenic Research**, Dordrecht, v. 16, n. 5, p. 587-597, Oct. 2007.

ÁVILA, A. C. et al. Ocorrência de vírus em batata em sete estados do Brasil. **Horticultura Brasileira**, Brasília, v. 27, n. 4, p. 490-497, out./dez. 2009.

BALME-SINIBALDI, V. et al. Improvemet of *Potato virus Y* (PVY) detection and quantitation using PVY^N – and PVY^O – specific real-time RT-PCR assays. **Journal of Virological Methods**, Amsterdam, v. 134, n. 1/2, p. 261-266, June 2006.

BANTTARI, E. E. et al. Management of disease caused by viruses and virus like pathogens. In: ROUE, R. C. (Ed.). **Potato health management**. Saint Paul: APS, 1993. p. 127-133.

BATTEN, J. S.; YOSHINARI, S.; HEMENWAY, C. Potato virus X: a model system for virus replication, movement and gene expression. **Molecular Plant Pathology**, Oxford, v. 4, n. 2, p. 125-131, Mar. 2003.

BECZNER, L. et al. Studies on the etiology of tuber necrotic ringspot disease in potato. **Potato Research**, Wageningen, v. 27, n. 2, p. 339-352, Apr. 1984.

BEEMSTER, A. B. R.; BOKX, J. A. de. Survey of properties and symptoms. In: BOKX, J. A. de; WANT, J. P. H. van der (Ed.). **Viruses of potato and seed potato production**. 2nd ed. Wageningen: Pudoc, 1987. p. 84-113.

BEUKEMA, H. P.; ZAAG, D. E. van der. **Introduction to potato production**. Wageningen: Pudoc, 1990. 207 p.

BIRCH, P. R. J. et al. Crops that feed the world 8: potato: are the trends of increased global production sustainable? **Food Security**, New York, v. 4, n. 4, p. 477-508, Dec. 2012.

BOKX, J. A.; HUTTINGA, H. **Potato virus Y**. Kew: Commonwealth Mycology Institute, 1981. (Descriptions of Plant Viruses, 242). Disponível em: <<http://www.dpvweb.net/dpv/showdpv.php?dpvno=242>>. Acesso em: 10 nov. 2011.

BRASIL. Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. **Instrução Normativa nº 32**, de 20 de novembro de 2012. Normas para a produção e a comercialização de material de propagação de batata (*Solanum tuberosum* L.) e os seus padrões. Brasília, 2012. Disponível em: <http://www.editoramagister.com/legis_23976293_instrucao_normativa_n_32_de_20_de_novembro_de_2012.aspx>. Acesso em: 10 nov. 2014.

BROWN, L. G. Emerging potato viruses that confront regulations. In: LOEBENSTEIN, G. et al. (Ed.). **Virus and virus-like diseases of potatoes and production of seed-potatoes**. Dordrecht: Klumer Academic, 2001. p. 439-450.

BRUNT, A. A. et al. **Viruses of plants:** descriptions and lists from the VIDE database. Wallingford: CAB International, 1996. 1484 p.

CHRZANOWSKA, M. Differentiation of *Potato 40nfer Y* (PVY) isolates. **Phytopathologica Polonica**, Warszawa, v. 8, n. 20, p. 15-20, 1994.

CLARK, M. F.; ADAMS, A. N. Characteristics of the microplate method of enzyme linked immunosorbent assay for the detection of plant viruses. **Journal of General Virology**, London, v. 34, p. 475-483, 1977.

COCKERHAM, G. Genetical studies on resistance to potato viruses X and Y. **Heredity**, Oxford, v. 25, p. 309-348, 1970.

COELHO, A. H. R.; VILELA, E. R.; CHAGAS, S. J. de R. Qualidade de batata (*Solanum tuberosum* L.) para fritura, em função dos níveis de açúcares redutores e de amido, durante ao armazenamento refrigerado e à temperatura ambiente com atmosfera modificada. **Ciência e Agrotecnologia**, Lavras, v. 23, n. 4, p. 899-910, out./dez. 1999.

COSTA, R. B. et al. Variabilidade genética e estimativas de herdabilidade para o caráter germinação em matrizes de *Hevea brasiliensis*. **Floresta e Ambiente**, Rio de Janeiro, v. 12, n. 1, p. 74-75, fev. 2005.

DANIELS, J. et al. Degenerescência de batata-semente básica após um ou dois períodos de cultivo. **Horticultura Brasileira**, Brasília, v. 20, n. 3, p. 510-513, set. 2002.

ECK, H. J. van et al. Multiple alleles for tuber shape in diploid potato detected by qualitative and quantitative genetic analysis using RFLPs. **Genetics**, Baltimore, v. 137, n. 1, p. 303-309, May 1994.

ELLIS, P.; SMITH, R. S.; VILLIERS, G. Identification and geographic distribution of serotypes of potato virus Y. **Plant Disease**, Quebec, v. 81, n. 5, p. 481-484, May 1997.

FAUQUET, C. M. et al. **Virus taxonomy**. San Diego: Elsevier Academic, 2005. 1259 p.

FELTRAN, J. C. et al. Technological quality and utilization of potato tubers. **Scientia Agricola**, Piracicaba, v. 61, n. 6, p. 598-603, 2004.

FERREIRA, M. E.; GRATTAPAGLIA, D. **Introdução ao uso de marcadores moleculares em análise genética**. 3. ed. Brasília: EMBRAPA-CENARGEN, 1998. 220 p.

FIGUEIRA, A. R. Viroses da batata: situação atual e perspectivas futuras. **Informe Agropecuário**, Belo Horizonte, v. 20, n. 197, p. 86-96, 1999.

FLIS, B. et al. The Ry-f sto gene from *Solanum stoloniferum* for extreme resistant to Potato virus Y maps to potato chromosome XII and is diagnosed by PCR marker GP122 718 in PVY resistant potato cultivars. **Molecular Breeding**, Lleida, v. 15, n. 1, p. 95-101, 2005.

FOOD AND AGRICULTURE ORGANISATION OF THE UNITED NATIONS. **Land resources**. Disponível em: <<http://faostat3.fao.org/faostatgateway/go/to/download/FB/CC/E>>. Acesso em: 10 jun. 2014.

FREITAS, S. T. et al. Qualidade para processamento de clones de batata cultivados durante a primavera e outono no Rio Grande do Sul. **Ciência Rural**, Santa Maria, v. 36, n. 1, p. 80-85, jan./fev. 2006.

FRODIN, D. G. History and concepts of Big Plant Genera. **Taxon**, Utrecht, v. 53, n. 3, p. 753-776, 2004.

GADUM, J.; PINTO, C. A. B. P.; RIOS, M. C. D. Desempenho agrônômico e reação de clones de batata (*solanum tuberosum* L.) ao PVY. **Ciência e Agrotecnologia**, Lavras, v. 27, p. 1484-1492, 2003. Edição especial.

GALARRETA, J. I. R. de et al. Wild *Solanum* species as resistance sources against different pathogens of potato. **Potato Research**, Wageningen, v. 41, n. 1, p. 57-68, 1998.

GEBHARDT, C.; VALKONEN, J. P. T. Organization of genes controlling disease resistance in the potato genome. **Annual Reviews Phytopathology**, Palo Alto, v. 39, p. 79-102, 2001.

GÉBRÉ-SELASSIE, K. et al. Variabilite naturelle de souches du virus Y de la pomme de terre dans les cultures de piment du sud-est de la France: caractérisation et classification en pathotypes. **Agronomie**, Paris, v. 5, p. 621-630, 1985.

GERALDINI, F.; JULIÃO, L.; BORGATO, E. Procuram-se agroindústrias. **Hortifruti Brasil**, Piracicaba, ano 10, n. 104, p. 8-10, ago. 2011.

GINZBERG, I. et al. Potato tuber skin development: the effect of hot climate. **ISHS Acta Horticulturae**, Amsterdam, v. 684, p. 93-98, 2005.

GLENNON, L. **The potato in the food business: past to present**. Disponível em: <<http://www.potatocongress.org/articles>>. Acesso em: 15 jun. 2013.

GOODING, G. V.; TOLIN, S. A. Strains of potato virus Y affecting flue-cured tobacco in the southeastern United States. **Plant Disease Reporter**, Washington, v. 57, p. 200-204, 1973.

GRAY, D.; HUGHES, J. C. Tuber quality. In: HARRIS, P. M. (Ed.). **The potato crop: the scientific basis for improvement**. London: Chapman & Hall, 1978. p. 504-544.

GRIZOTTO, R. K. Processamento e rendimento industrial da batata chips e palha. In: SEMINÁRIO BRASILEIRO SOBRE PROCESSAMENTO DE BATATAS, 1., 2005, Pouso Alegre. **Anais...** Pouso Alegre: ABBA, 2005. p. 1-12.

GRUNENFELDER, L. A. et al. Glycoalkaloid development during greening of fresh market potatoes (*Solanum tuberosum* L.). **Journal Agricultural Food Chemistry**, Washington, v. 54, n. 16, p. 5847-5854, Aug. 2006.

GUEDES, M. L. **Seleção de clones de batata para aparência de tubérculos e resistência aos vírus PVX e PVY**. 2014. 65 p. Dissertação (Mestrado em Genética e Melhoramento de Plantas) - Universidade Federal de Lavras, Lavras, 2014.

HÄMÄLÄINEN, J. H. et al. Mapping and marker-assisted selection for a gene for extreme resistance to potato virus Y. **Theoretical Applied Genetics**, Berlin, v. 94, n. 2, p. 192-197, 1997.

HAVERKORT, A. J.; VERHAGEN, A. Climate change and its repercussions for the potato supply chain. **Potato Research**, Wageningen, v. 51, n. 3/4, p. 223-237, 2008.

HAWKES, J. G. History of the potato. In: HARRIS, P. M. (Ed.). **The potato crop: the scientific basis for improvement**. London: Chapman & Hall, 1978. p. 1-14.

HAWKES, J. G.; FRANCISCO-ORTEGA, J. The potato in Spain during the late 16th century. **Economic Botany**, Bronx, v. 46, n. 1, p. 86-97, Jan./Mar. 1992.

HAYASHI, P. Variedade cupido: nova opção para mercado fresco. **Batata Show**, Itapetininga, v. 1, n. 3, p. 14-15, set. 2001. Disponível em: <<http://www.abbabatatabrasileira.com.br>>. Acesso em: 13 mar. 2013.

HAYNES, K. G.; HAYNES, F. L. Stability of high specific gravity genotypes of potatoes under high temperatures. **American Potato Journal**, Orono, v. 60, n. 1, p. 17-26, Jan. 1983.

HAYNES, R. J.; THILL, C. A. Genetic gain from early generation selection for cold chipping genotypes in potato. **Plant Breeding**, Berlin, v. 122, n. 2, p. 158-163, Apr. 2003.

HIJIMANS, R. J. Global distribution of the potato crop. **American Journal of Potato Research**, Orono, v. 78, n. 6, p. 403-412, Nov./Dec. 2001.

HILLER, L. K.; THORNTON, R. E. Management of physiological disorders. In: ROWE, R. C. (Ed.). **Potato health management**. Saint Paul: APS, 1993. p. 235-245.

HOOKE, W. J. **Compendium of potato diseases**. Saint Paul: APS, 1990. 125 p.

HOOPE, R. W.; PLAISTED, R. L. Potato. In: FEHR, W. (Ed.). **Principles of cultivar development: crops species**, 1993. v. 2, p. 385-436.

HOWARD, H. W. The production of new varieties. In: HARRIS, P. M. (Ed.). **The potato crop: the scientific basis for improvement**. London: Chapman & Hall, 1978. p. 607-646.

HUTTON, E. M. The relationship between necrosis and resistance to virus Y in the potato: II.; some genetical aspects. **Commonwealth Scientific and Industrial Research Australian**, Melbourne, v. 18, p. 219-224, 1945.

INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA.
Levantamento sistemático da produção agrícola. Disponível em:
<http://www.ibge.gov.br/home/estatistica/indicadores/agropecuaria/lspa/lspa_201405_2.shtm>. Acesso em: 10 jun. 2014.

JANSKY, S. H. Genotypic and environmental contributions to baked potato flavor. **American Journal of Potato Research**, Orono, v. 85, n. 6, p. 455-465, Sept. 2008.

JELLIS, G. J. Multiple resistance to diseases and pests in potatoes. **Euphytica**, Wageningen, v. 63, n. 1/2, p. 51-58, 1992.

JEMISON, J. M.; SEXTON, P.; CAMIRE, M. E. Factors influencing consumer preference of fresh potato varieties in Maine. **American Journal of Potato Research**, Orono, v. 85, n. 2, p. 140-149, 2008.

JONES, R. A. C. Strain group specific and virus specific hypersensitive reactions to infection with potyviruses in potato cultivars. **Annals of Applied Biology**, Warwick, v. 117, n. 1, p. 93-105, 1990.

JONG, H. de; BURNS, V. J. Inheritance of tuber shape in cultivated diploid potatoes. **American Potato Journal**, Orono, v. 70, n. 3, p. 267-283, Mar. 1993.

KASAI, K. et al. Development of SCARS markers to the PVY resistance gene *Kyady* based on a common feature of plant disease resistance genes. **Genome**, Ottawa, v. 43, n. 1, p. 1-8, Feb. 2000.

KLEINKOPF, G. E. et al. Specific gravity of russet burbank potatoes. **American Potato Journal**, Orono, v. 64, n. 11, p. 579-587, Nov. 1987.

KUMAR, D.; SINGH, B. P.; KUMAR, P. An overview of the factors affecting sugar content of potatoes. **Annals of Applied Biologist**, Warwick, v. 145, p. 247-256, 2004.

LEVY, D.; VEILLEUX, R. E. Adaptation of potato to high temperatures and salinity: a review. **American Journal of Potato Research**, Orono, v. 84, n. 6, p. 487-506, Nov./Dec. 2007.

LI, X. Q. et al. Inheritance and genetic mapping of tuber eye depth in cultivated diploid potatoes. **Theoretical and Applied Genetics**, Berlin, v. 110, n. 6, p. 1068-1073, Apr. 2005.

LLAVE, C. et al. Helper component mutations in nonconserved residues associated with aphid transmission efficiency of a pepper isolate of potato virus Y. **Phytopathology**, Palo Alto, v. 89, n. 12, p. 1176-1181, Dec. 1999.

LORENZEN, J. H. et al. Whole genome characterization of Potato virus Y isolates collected in the western USA and their comparison to isolates from Europe and Canada. **Archives of Virology**, New York, v. 151, n. 6, p. 1055-1074, June 2006.

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

LULAI, E. C.; ORR, P. H. Influence of potato specific gravity on yield and oil content of chips. **American Potato Journal**, Orono, v. 56, n. 2, p. 379-390, 1979.

MADAIL, J. C. M. et al. **Preferências do consumidor de batatas no sul do Estado do Rio Grande do Sul**. Pelotas: CPACT/EMBRAPA, 2009. 6 p.

MAKI-VALKAMA, T. et al. Protection against Potato Virus Y (PVY) in the field in potatoes transformed with the PVY P1 gene. **American Journal of Potato Research**, Orono, v. 78, n. 3, p. 209-214, May/June 2001.

MARIS, B. Correlations within and between characters between and within generations as a measure for the early generations selection in potato breeding. **Euphytica**, Wageningen, v. 37, n. 3, p. 205-224, 1988.

MCDONALD, J. G.; SINGH, R. P. Host range, symptomology, and serology of isolates of potato virus Y (PVY) that share properties with both the PVY^N and PVY^O strain groups. **American Journal of Potato Research**, Orono, v. 73, n. 7, p. 309-315, July 1996.

MENDOZA, H. A.; MIHOVILOVICH, E. J.; SAGUMA, F. Identification of triplex (YYYY) *Potato virus Y* (PVY) immune progenitors derived from *Solanum tuberosum* spp. *Andigena*. **American Potato Journal**, Orono, v. 73, n. 1, p. 13-19, Jan. 1996.

MILLER, R. A.; HARRINGTON, J. D.; KUHN, G. D. Effect of variety and harvest date on tuber sugars and chip color. **American Potato Journal**, Orono, v. 52, p. 379-386, 1975.

MORI, K. et al. Development of a multiplex PCR method for simultaneous detection of diagnostic DNA markers of five disease and pest resistance genes in potato. **Euphytica**, Wageningen, v. 180, n. 3, p. 347-355, 2011.

MÜLLER, D. R. et al. Expressão dos caracteres e seleção de clones de batata nas condições de cultivo de primavera e outono. **Ciência Rural**, Santa Maria, v. 39, n. 1, p. 1237-1334, dez. 2009.

NEDER, D. G. et al. Seleção de clones de batata com resistência múltipla à pinta preta e aos vírus X e Y. **Ciência Rural**, Santa Maria, v. 40, n. 8, p. 1702-1708, 2010.

NEELE, A. E. F.; LOUWES, K. M. Early selection for chip quality and dry matter content in potato seedling populations in greenhouse or screenhouse. **Potato Research**, Wageningen, v. 32, n. 3, p. 293-300, 1989.

NIELSEN, N. K. An investigation of the regenerative power of periderm in potato tubers after wounding. **Acta Agriculturae Scandinavica**, The Hauge, v. 18, n. 3, p. 113-120, Nov. 1968.

OHARA-TAKADA, A. et al. Change in content of sugar and free amino acids in potato tubers under short-term storage at low temperature and the effect on acrylamide level after frying. **Bioscience, Biotechnology and Biochemical**, Tokyo, v. 69, n. 7, p. 1232-1238, 2005.

OHBAYASHI, K. et al. **Development of a detection method of resistance to potato disease and pest using DNA markers: 1.**, detection methods of resistance to potato virus X, potato cyst nematode and late blight. Berlin: V. P. Parey, 2010. 132 p.

OLIVEIRA, V. R. et al. Qualidade de processamento de tubérculos de batata produzidos sob diferentes disponibilidades de nitrogênio. **Ciência Rural**, Santa Maria, v. 36, n. 2, p. 660-663, mar./abr. 2006.

PÁDUA, J. G. de et al. Potencial produtivo de cultivares francesas de batata para o estado de Minas Gerais. **Revista Trópica: Ciências Agrárias e Biológicas**, Brasília, v. 3, n. 2, p. 73-78, 2009.

PALUKAITIS, P. Mini-reviews: resistance to viruses of potato and their vectors. **The Plant Pathology Journal**, Seul, v. 28, n. 3, p. 248-258, 2012.

PEREIRA, A. da S. Melhoramento genético. In: PEREIRA, A. S.; DANIELS, J. (Ed.). **O cultivo da batata na região Sul do Brasil**. Brasília: EMBRAPA, 2003. p. 105-124.

PEREIRA, A. da S.; DANIELS, J. **O cultivo da batata na região sul do Brasil**. Brasília: EMBRAPA Informação Tecnológica, 2003. 567 p.

PEREIRA, A. da S. et al. Genótipos de batata com baixos teor de açúcares redutores. **Horticultura Brasileira**, Brasília, v. 25, n. 2, p. 22-23, 2007.

PEREIRA, E. M. S.; LUZ, J. M. Q.; MOURA, C. C. **A batata e seus benefícios nutricionais**. Uberlândia: EDUFU, 2005. 60 p.

PINTO, C. A. B. P. Cultivares de batata resistentes a viroses. **Batata Show**, Itapetininga, ano 3, n. 7, p. 11-12, 2003.

PINTO, C. A. B. P. Melhoria genética da batata. **Informe Agropecuário**, Belo Horizonte, v. 20, n. 197, p. 120-128, mar./abr. 1999.

PORTER, W. L.; FITZPATRICK, T. J.; TALLEY, E. A. Studies of the relationship of specific gravity to total solids of potatoes. **American Potato Journal**, Orono, v. 41, n. 10, p. 189-195, Oct. 1964.

R DEVELOPMENT CORE TEAM. **R**: a language and environment for statistical computing. Vienna: Foundation for Statistical Computing, 2008. Disponível em: <<https://stat.ethz.ch/pipermail/r-help/2008-May/161481.html>>. Acesso em: 10 out. 2014.

RAMALHO, M. A. P. et al. **Aplicações da genética quantitativa no melhoramento de plantas autógamas**. Lavras: UFLA, 2012. 522 p.

RAMALHO, M. A. P.; FERREIRA, D. F.; OLIVEIRA, A. C. **Experimentação em genética e melhoramento de plantas**. Lavras: UFLA, 2000. 326 p.

RAMOS, R. M.; SILVA, A. R.; DUMBRA, J. G. R. O aquecido mercado dos vegetais congelados: Brasil tem grande potencial pra expandir a indústria nacional. **Hortifruti Brasil**, Piracicaba, ano 11, n. 122, p. 8-21, 2013.

REGENMORTEL, M. H. V. van et al. **Virus taxonomy**. San Diego: Academic, 2000. 16 p.

RESENDE, M. D. V. de; DUARTE, J. B. Precisão e controle de qualidade em experimentos de avaliação de cultivares. **Pesquisa Agropecuária Tropical**, Goiânia, v. 37, n. 3, p. 182-194, 2007.

REZENDE, R. L. G. **Efeito da idade fisiológica da batata-semente sobre características produtivas da batata (*Solanum tuberosum* L.) cv. Atlantic**. 2007. 54 f. Dissertação (Mestrado em Agricultura Tropical e Subtropical) - Instituto Agrônomo de Campinas, Campinas, 2007.

RIBEIRO, A. M. et al. SCAR marker for the selection of Ry-duplex potato clones immune to Potato Virus Y. **Crop Breeding and Applied Biotechnology**, Viçosa, MG, v. 6, n. 1, p. 1-8, Jan./Mar. 2006.

RIBEIRO, J. et al. Evolução e desafios da bataticultura em Minas Gerais. **Informe Agropecuário**, Belo Horizonte, v. 33, n. 270, p. 7-13, set./out. 2012.

RITTER, E. et al. RFLP mapping on potato chromosomes of two genes controlling extreme resistance to potato virus X (PVX). **Molecular and General Genetics**, New York, v. 227, n. 1, p. 81-85, 1991.

RODRIGUES, A. F. S.; PEREIRA, A. S. Correlações inter e intragerações e herdabilidade de cor do chips, matéria seca e produção em batata. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v. 38, n. 5, p. 599-604, maio 2003.

ROLLAND, M. et al. A multiple single nucleotide polymorphisms interrogations assay for reliable Potato virus Y group and variant characterization. **Journal of Virological Methods**, Amsterdam, v. 147, n. 1, p. 108-117, Jan. 2008.

SALAMONI, A. T. et al. Variância genética de açúcares redutores e matéria seca e suas correlações com características agronômicas em batata. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v. 35, n. 7, p. 1441-1445, jul. 2000.

SALAZAR, L. F. **Potato viruses and their control**. Lima: International Potato Center, 1996. 214 p.

SCHIPPERS, P. A. The relationship between specific gravity and percentage dry matter in potato tubers. **American Potato Journal**, Orono, v. 53, n. 4, p. 111-122, Apr. 1976.

SILBERCHMIDT, K.; NOBREGA, N. R.; KRAMER, M. A. Identificação de vírus encontrados em campos de produção de tubérculo-semente de batatinha. **Agricultura**, Piracicaba, v. 21, p. 23-40, 1941.

SILVA, A. O.; PINTO, C. A. B. P.; FIGUEIRA, A. R. Identificação de clones de batata imunes aos vírus X (PVX) e Y (PVY), adaptados à região Sul de Minas Gerais. **Summa Phytopathologica**, Botucatu, v. 26, n. 4, p. 385-390, 2000.

SILVA, G. O. et al. Correlações entre caracteres de aparência e rendimento e análise de trilha para aparência de batata. **Bragantia**, Campinas, v. 66, n. 3, p. 381-388, 2007.

SILVA, G. O. et al. Estimativa de capacidades de combinação em gerações iniciais de seleção de batata. **Horticultura Brasileira**, Brasília, v. 27, n. 3, p. 275-279, 2009.

SILVA, G. O. et al. Qualidade de película de famílias clonais de batata. **Bragantia**, Campinas, v. 67, n. 3, p. 633-638, 2008a.

SILVA, G. O. et al. Seleção para caracteres fenotípicos de tubérculos nas primeiras gerações em batata. **Revista Ceres**, Viçosa, MG, v. 55, n. 3, p. 168-172, 2008b.

SILVA, O. A. **Identificação de clones de batata imunes ao PVX e PVY, adaptados à região Sul de Minas Gerais**. 1999. 46 p. Dissertação (Mestrado em Genética e Melhoramento de Plantas) - Universidade Federal de Lavras, Lavras, 1999.

SINGH, R. P. et al. Discussion paper: the naming of Potato virus Y strains infecting potato. **Archives of Virology**, New York, v. 153, n. 1, p. 1-13, Jan. 2008.

SMITH, O. Effect of cultural and environmental conditions and potatoes for processing. In: TALBURT, W. F.; SMITH, O. (Ed.). **Potato processing**. 3rd ed. Westport: AVI, 1975. p. 67-125.

SOLOMON-BLACKBURN, R. M.; BARKER, H. A review of host major-gene resistance to potato viruses X, Y, A and V in potato: genes, genetics and mapped locations. **Heredity**, Oxford, v. 86, n. 1, p. 8-16, 2001.

SOUZA-DIAS, J. A. C. Doenças causadas por vírus em batata. **Informe Agropecuário**, Belo Horizonte, v. 18, n. 184, p. 54-63, 1996.

SOUZA-DIAS, J. A. C. Raças do vírus Y da batata (PVY) e a questão da variante NTN. **Batata Show**, Itapetininga, v. 1, n. 2, p. 16-21, 2001.

SOUZA-DIAS, J. A. C.; IMAUTI, M. T. Doenças da batateira (*Solanum tuberosum* L.). In: KIMATI, H. et al. (Ed.). **Manual de fitopatologia**. São Paulo: Agronômica Ceres, 2005. p. 119-142.

SOWOKINOS, J. R. Biochemical and molecular control of cold-induced sweetening in potatoes. **American Journal of Potato Research**, Orono, v. 78, n. 3, p. 221-236, May/June 2001.

SPOONER, D. M. et al. A single domestication for potato based on multilocus amplified fragment length polymorphism genotyping. **Proceedings of the National Academy of Sciences**, Washington, v. 102, n. 41, p. 14694-14699, 2005.

STARK, J. C. et al. Tuber quality. In: STARK, J. C.; LOVE, S. L. (Ed.). **Potato production systems**. Aberdeen: University of Idaho, 2003. p. 329-343.

STATISTICAL ANALYSIS SYSTEM INSTITUTE. **SAS system**. Version 8.1. Cary, 2000. Software.

STEVENSON, W. R. et al. **Compendium of potato diseases**. Saint Paul: The American Phytopathological Society, 2001. 144 p.

SWIEZYNSKI, K. M. Inheritance to resistance to viruses. In: BRADSHAW, J. E.; MACKAY, G. R. (Ed.). **Potato genetics**. Wallingford: CAB International, 1994. p. 339-363.

SYBENGA, J. **Cytogenetics in plant breeding**. Berlin: Springer, 1992. 469 p.

SZAJKO, K. et al. The novel gene *Ny-1* on potato chromosome IX confers hypersensitive resistance to potato virus Y and is an alternative to Ry genes in potato breeding for PVY resistance. **Theoretical Applied Genetics**, Berlin, v. 116, n. 2, p. 297-303, 2008.

THOMPSON, A. L. et al. Review of the sugar end disorder in potato (*Solanum tuberosum*, L.). **American Journal of Potato Research**, Orono, v. 85, n. 5, p. 375-386, Oct. 2008.

VENDRUSCOLO, J. L. S.; ZORZELLA, C. A. **Processamento de batata (*Solanum tuberosum* L.): fritura**. Pelotas: EMBRAPA Clima Temperado, 2002. 15 p. (Documentos, 104).

VISSER, R. G. F. et al. Sequencing the potato genome: outline and first results to come from the elucidation of the sequence of the world's third most important food crop. **American Journal of Potato Research**, Orono, v. 86, n. 6, p. 417-429, 2009.

WOODBURY, G. W.; WEINHEIMER, W. H. Specific gravity: solids correlations in Russet Burbank with respect to point of origin and storage history. **American Potato Journal**, Orono, v. 42, n. 4, p. 98-104, 1965.

ZAAG, D. E. van der. **Potatoes and their cultivation in the Netherlands**. Wageningen: Dutch Information Centre for Potatoes, 1973. 72 p.

ZORZELLA, C. A. et al. Caracterização física, química e sensorial de genótipos de batata processados na forma de chips. **Brazilian Journal of Food Technology**, Campinas, v. 6, n. 1, p. 15-24, 2003.