

ONEIDA DE ALMEIDA SILVA

**IDENTIFICAÇÃO DE CLONES DE BATATA IMUNES AO PVX E PVY,
ADAPTADOS À REGIÃO SUL DE MINAS GERAIS.**

Dissertação apresentada à Universidade Federal de Lavras, como parte das exigências do Curso de Mestrado em Agronomia área de concentração em Genética e Melhoramento de plantas, para obtenção do título de "Mestre".

Orientador

Prof. César Augusto Brasil Pereira Pinto

LAVRAS
MINAS GERAIS-BRASIL
1999

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

Silva, Oneida de Almeida

Identificação de clones de batata imunes ao PVX e PVY, adaptados à
Região Sul de Minas Gerais/ Oneida de Almeida Silva. – Lavras : UFLA, 1999.
46 p. : il.

Orientador: César Augusto Brasil Pereira Pinto.

Dissertação (Mestrado) – UFLA.

Bibliografia.

1. Batata. 2. Vírus PVX. 3. Vírus PVY. 4. DAS-ELISA. 5. Imunidade. 6.
Melhoramento genético. I. Universidade Federal de Lavras. II. Título.

CDD-6345.213

ONEIDA DE ALMEIDA SILVA

**IDENTIFICAÇÃO DE CLONES DE BATATA IMUNES AO PVX E PVY
E ADAPTADOS À REGIÃO SUL DE MINAS GERAIS.**

Dissertação apresentada à Universidade Federal de Lavras, como parte das exigências do Curso de Mestrado em Agronomia, área de concentração em Genética e Melhoramento de plantas, para obtenção do título de "Mestre".

APROVADA em 30 de abril de 1999.

Profa. Antônia dos Reis Figueira

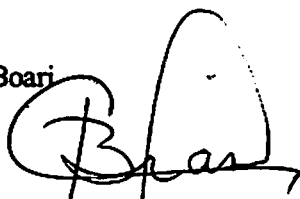
UFLA

Prof. Wilson Roberto Maluf

UFLA

Dra. Alessandra de Jesus Boari

UFLA



Prof. César Augusto Brasil Pereira Pinto

**UFLA
(Orientador)**

**LAVRAS
MINAS GERAIS - BRASIL**

Aos meus pais, José Pedro e Neide, pelo apoio em todas as etapas de minha vida;

Aos meus irmãos Ivoneide e Jusnei;

Aos meus avós maternos José Baptista e Sebastiana;

Aos meus avós paternos Antônio e Donília (in memorian);

DEDICO.

**Ao meu namorado, Anderson em nome do amor, compreensão e
companheirismo de cada dia;**

Ao Engenheiro Agrônomo Mário Sérgio Trento; pela amizade;

Ao casal Fernando e Helena Imolesi.

OFEREÇO

AGRADECIMENTOS

A Deus, presente em todos os momentos.

À Universidade federal de Lavras e ao Departamento de Biologia pela excelência e oferecimento do curso de Genética e Melhoramento de Plantas;

Ao Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico – CNPq, pela concessão da bolsa de estudos;

Ao Centro Nacional de Pesquisa de Hortaliças – CNPH, pelo fornecimento das sementes oriundas do Centro Internacional de la Papa (CIP), Peru.

Ao orientador César Augusto Brasil Pereira Pinto pela dedicação, disponibilidade, companheirismo e amizade demonstrados durante o curso.

À professora Antônia dos Reis Figueira pela participação e valiosas contribuições;

Aos meus amigos Maria Cristina e Glauber Henrique pelo importante auxílio nas análises estatísticas;

Aos amigos do laboratório de indexação de virologia pela preciosa ajuda;

Aos amigos que trabalham no programa de melhoramento da batata da UFLA, pela amizade e ajuda em todos os momentos, Ceará, Eduardo, Pedro, Alexandre, Ricardo, Isabela, Raimundo, João Cândido, Maria Cristina e Silvia;

Aos amigos do curso, André Luís, André Ramalho, Angela, Antônio Carlos, Aurélio, Carlota, Cristina, Claudia, Flávia, Francislei, Helder, Hélia, Hercules, João Luís, Leonardo, Max, Moacil, Patricia e Sandro;

Aos professores Magno Antônio Patto Ramalho, João Bosco dos Santos, Giovana Augusta Torresi e Eduardo Bearzoti, pela amizade;

Aos funcionários do Departamento de Biologia e Fitopatologia, pelos auxílios prestados;

Aos funcionários da Biblioteca da UFLA, pelo atendimento e correções das referências bibliográficas;

À Associação de Pós-Graduação, por representar-nos enquanto estudantes;

A todos que estiveram presentes de alguma forma para realização deste trabalho.

SUMÁRIO

	Página
RESUMO	i
ABSTRACT	ii
1 INTRODUÇÃO	1
2 REFERENCIAL TEÓRICO	3
2.1 A cultura da batata no Brasil	3
2.2 A degenerescência das cultivares	4
2.3 Doenças viróticas: caracterização e sintomatologia	5
2.3.1 Vírus do enrolamento da folha da batata (Potato Leafroll Virus - PLRV)	6
2.3.2 Vírus Y da batata (Potato Virus Y – PVY)	7
2.3.3 Vírus X da batata (Potato Virus X – PVX)	8
2.4 Controle genético da resistência às viroses	9
2.4.1 Resistência ao PLRV	11
2.4.2 Resistência ao PVY	12
2.4.3 Resistência ao PVX	13
2.5 Estratégias do melhoramento visando resistência às viroses	15
3 MATERIAL E MÉTODOS	17
3.1 Material	17
3.2 Detalhes Experimentais	18
3.2.1 Avaliação da reação aos vírus X e Y da batata	18
3.2.2 Avaliação dos clones em condições de campo	19
3.3 Metodologia estatística	21
3.4 Estimativa da heterose	23
3.5 Estimativa da herdabilidade	24
3.6 Estimativa do índice b	24

4 RESULTADOS E DISCUSSÃO	25
4.1 Reação aos vírus X e Y	25
4.2 Caracteres agronômicos em condições de campo	27
5 CONCLUSÕES	40
REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	41

RESUMO

SILVA, Oneida de Almeida. Identificação de clones de batata imunes ao PVX e PVY e adaptados à região Sul de Minas Gerais. Lavras: UFLA, 1999. 48p. (Dissertação – Mestrado em Genética e Melhoramento de Plantas)*.

Avaliaram-se quinhentos e setenta clones de batata de oito famílias clonais por cruzamentos biparentais entre sete genitores imunes aos vírus X e Y, na condição simplex, originados no Centro Internacional de la Papa (CIP), Peru. Foram conduzidos dois ensaios distintos, um para avaliar a reação aos vírus X e Y e outro para avaliar a performance agrônômica dos clones em condições de campo. O ensaio para avaliar a reação dos clones aos vírus X e Y foi realizado em duas épocas (janeiro de 1997 e novembro de 1998). Empregou-se inoculação mecânica dos dois vírus e a reação dos clones foi diagnosticada por DAS-ELISA. O ensaio de campo foi instalado em Lavras-MG, no delineamento de blocos aumentados. Além dos clones experimentais avaliaram-se ainda os sete genitores e as cultivares, Monalisa e Baraka como testemunhas no ensaio de campo. Cerca de 75% dos clones apresentaram reação negativa ao PVY e 98% reação negativa ao PVX. Provavelmente essa alta porcentagem de clones com reação negativa ao PVX se deva ao isolado do vírus testados. Foi possível selecionar clones com imunidade ao PVX e PVY, adaptados às condições do Sul de Minas Gerais e com elevado teor de matéria seca. Observaram-se heteroses médias elevadas para produção de tubérculos comerciáveis, peso médio de tubérculos comerciáveis e grãos e porcentagem de tubérculos grãos. As famílias dos cruzamentos (Atlantic x Y84.007) x (LT-8 x I-1039) apresentam maior variabilidade para as características selecionadas.

Comitê Orientador: César Augusto Brasil Pereira Pinto – UFLA (Orientador) e Antonia dos Reis Figueira – UFLA .

ABSTRACT

SILVA, Oneida de Almeida. Identification of potato clones immune to PVX and PVY, and adapted to the Southern region of Minas Gerais state, Lavras: UFLA, 1999. 48p. (Dissertation – Masters Program in Genetic and Plants Breeding).

Five hundred and seventy potato clones, derived from eight different clonal families, were screened for PVX and PVY resistance, as well as for horticultural performance. The clonal families were obtained from biparental crosses among seven parental clones, from CIP (International Potato Centre, Lima, Peru), which were simplex-resistant to both PVX and PVY. Resistance screening trials were set up in two different dates (January 1997 and November 1998), with mechanical inoculation of both PVY and PVX. Clonal reaction was evaluated by the DAS-ELISA test. Horticultural performance was evaluated with a field trial in Lavras, MG, which include the seven parental clones and two cultivares (Monalisa and Baraka) as checks. Approximately 75% of the clones showed a negative reaction to PVY, and 98% showed a negative reaction to PVX. The high percentage of PVX-negative clones may be due to the specific PVX isolate used. We were able to select clones with immunity to both PVX and PVY which are adapted to Southern Minas Gerais and had a high percentage of tuber dry matter. High heterosis was observed for marketable yield, average tuber weight, average weight of high graded tubers, and percentage of high tubers. Clonal families with pedigree (Atlantic x Y84.007) x (LT-8 x I-1039) had the highest variance for the horticultural traits considered.

Guidance Committee: César Augusto Brasil Pereira Pinto – UFLA (Major Professor), Antonia dos Reis Figueira – UFLA.

1 INTRODUÇÃO

A batata (*Solanum tuberosum* L.) é uma planta propagada vegetativamente para fins comerciais, permitindo a disseminação de doenças, principalmente de natureza virótica. Essas doenças ocasionam uma queda drástica de produtividade e qualidade na cultura, denominada degenerescência Mallozzi (1982).

No Brasil, as viroses assumem importância maior que em países temperados devido ao alto potencial de disseminação por insetos vetores, principalmente o pulgão verde (*Myzus persicae*), que apresentaram populações altas e constantes ao longo do ano, em virtude das condições favoráveis do clima (Hirano, 1987).

Vários vírus ocorrem na cultura da batata, sendo que os principais são: o enrolamento da folha da batata (Potato Leafroll Virus- PLRV), que causa perdas de até 80%, o vírus Y da batata (Potato Virus Y- PVY), com perdas de 50%, e o vírus X da batata (Potato Virus X - PVX), com perdas de 10% (Oliveira e Miranda, 1981).

Após poucas gerações de multiplicação vegetativa no campo, os níveis dessas viroses podem atingir valores elevados, tornando necessário a aquisição de novo estoque de batata-semente pelo produtor. A batata-semente é um insumo caro, e que representa de 30 a 50% do custo de produção, sendo frequentemente importada de países europeus, como Holanda e Alemanha. Além disso, esses cultivares não são completamente adaptados às nossas condições ambientais, fazendo com que o seu potencial produtivo seja inferior ao alcançado nos países de origem (AGRIANUAL 99, 1998).

A obtenção de cultivares nacionais adaptados às nossas condições de cultivo e resistentes às principais doenças é a alternativa mais viável para tornar a cultura mais produtiva e rentável para o produtor. Dentre essas doenças, o mosaico causado pelo vírus Y da batata (PVY) é uma das de maior relevância, não só por causar perdas de produtividade, mas também por tornar a planta

debilitada e suscetível a outras doenças fúngicas e bacterianas. Quando em sinergismo com o PVX, provoca uma queda drástica de produtividade.

O controle genético da resistência aos vírus Y e X é bem conhecido, facilitando o planejamento para obtenção de clones imunes e promissores para o mercado nacional.

O objetivo desse trabalho foi identificar clones com imunidade aos vírus PVX e PVY, com caracteres agrônômicos desejáveis e adaptados às condições do Sul de Minas Gerais.

2 REFERENCIAL TEÓRICO

2.1 A cultura da batata no Brasil.

A batata é uma das espécies olerícolas de maior importância econômica no Brasil, e as principais áreas de cultivo estão concentradas nas regiões Sul e Sudeste (AGRIANUAL 99, 1998). Minas Gerais destaca-se como um dos três principais estados produtores de batata do país. O Sul de Minas é a principal região produtora do estado, sendo responsável por 76% da produção. (Minas Gerais - Secretaria de Estado da Agricultura, Pecuária e abastecimento, 1995). Recentemente, surgiram novas regiões no cerrado mineiro que oferecem um microclima favorável à bataticultura, como as regiões de São Gotardo, Ibiá, Araxá e Santa Juliana, que estão em franca fase de produção (AGRIANUAL 99, 1998).

Graças às dimensões continentais, o Brasil é um dos raros países onde se planta batata o ano todo. Essa característica da bataticultura brasileira permite a oferta de batata fresca o ano todo, evitando a necessidade de armazenamento de material para consumo. Por outro lado, predispõe a cultura à alta pressão de inóculo de enfermidades e a grandes populações de insetos pragas. Segundo Mallozzi (1982) e Jabuonski (1987), a produtividade média nacional é muito baixa e apresenta uma forte instabilidade dependendo da qualidade da semente e dos tratamentos culturais.

O país sempre esteve na dependência da batata-semente importada, procedente, em grande parte, de países da Europa Ocidental como Holanda, Alemanha e Suécia (Gallotti, Hirano e Bertocini, 1992). Quando utilizadas no Brasil, as cultivares européias mostram-se extremamente sensíveis a várias doenças causadas por fungos, bactérias ou vírus, e também aos danos causados por nematóides e insetos, necessitando de intenso controle fitossanitário que onera

significativamente o custo final de produção (Encontro...1994). A falta de cultivares nacionais mais adequadas às nossas condições climáticas e a baixa disponibilidade de batata-semente de boa qualidade, a preços acessíveis, têm sido os problemas fundamentais da bataticultura brasileira (Hirano, 1987).

2.2 A degenerescência das cultivares

A qualidade da batata-semente é um fator de grande relevância para a obtenção de boa produtividade (Hirano, 1987). A utilização pelo produtor de sua própria batata-semente, advinda de grande número de multiplicações sucessivas, tem como consequência o acúmulo de viroses nos tubérculos, o que, com o decorrer do tempo, representa um risco em potencial, pois a incidência mínima de vírus no campo pode ser suficiente para causar uma infecção generalizada, as chamadas moléstias de degenerescência, que chega a inviabilizar a cultura (Câmara, Cupertino e Figueira, 1986; Silva, 1987).

Até pouco tempo atrás, somente o vírus do enrolamento da folha da batata (Potato Leafroll Virus - PLRV) era considerado como o responsável pela degenerescência do tubérculo-semente nas regiões produtoras de São Paulo (Souza Dias, Costa e Ramos, 1984; Souza Dias, Amâncio e Costa, 1990), sendo então apontado como o fator principal de condenação de campos de produção de batata-semente no Brasil. Além de induzir elevadas perdas na produção, o vírus do enrolamento da folha é também o responsável direto pelos gastos de divisas do país, à medida que tem sido apontado como o principal obstáculo à manutenção da qualidade fitossanitária da batata-semente, obrigando o país a importar anualmente o produto para atender a demanda interna de batata-semente livre de vírus (Souza Dias, Costa e Ramos, 1984).

Contudo, estudos recentes sobre a ocorrência e epidemiologia do PVY,

têm indicado que ele pode assumir um papel importante na degenerescência de batata semente. Figueira e Pinto (1995), detectaram uma nova estirpe do PVY, na cultivar Achat, em lavouras de batata – sementes do Estado de Minas Gerais, que apresenta um comportamento diferente das detectadas anteriormente na região, sendo facilmente disseminada, podendo chegar a uma incidência de 50 % na segunda e de até 80 a 90 % na terceira geração, significando uma redução de até 50% na produção total .

A rápida degenerescência que se verifica em nosso país, logo após as primeiras multiplicações de batata-semente, está em grande parte associada ao acúmulo de moléstias de vírus transmitidas por afideos vetores (Gallotti, Hirano e Bertocini, 1992), os quais, em nossas condições climáticas favoráveis, possuem populações com grande proflicidade, mobilidade e elevado número de plantas hospedeiras (Gallo, 1988). Dentre as várias espécies de afideos, o pulgão verde (*Mysus persicae*) é o mais importante (Raman, 1985).

2.3 Doenças viróticas: caracterização e sintomatologia

Atualmente já se conhecem mais de vinte diferentes moléstias de vírus associadas à batata-semente. No entanto, nem todas apresentam a mesma importância econômica (Salazar, 1982). As mais importantes já foram profundamente estudadas, como por exemplo, o vírus do enrolamento das folhas da batata (Potato Leafroll Virus-PLRV), vírus Y (Potato Virus Y-PVY) e o vírus X (Potato Virus X-PVX) da batata. A maior ou menor queda da produtividade depende da cultivar, da estirpe do vírus e das condições edafoclimáticas da área de cultivo (Mizubuti, 1981), porém a redução da produção pode chegar até 80% pela ação do PLRV, 50% com o PVY e 10% com o PVX (Andrade e Figueira, 1992).

Os vírus invadem os organismos vegetais modificando seu crescimento e

desenvolvimento. Como consequência dessa infecção, as plantas geralmente apresentam sintomas, que são definidos como profundas modificações fisiológicas e bioquímicas sofridas pelas células após a penetração dessas partículas. Entre as principais modificações estão as alterações na fotossíntese, na respiração e no metabolismo, dentre eles, os das proteínas, dos aminoácidos, das substâncias reguladoras do crescimento e dos compostos fenólicos (Vicente, 1979). Além disso, uma única planta pode ser simultaneamente infectada por mais de um vírus, resultando em interações sinérgicas entre si, acelerando o processo de degenerescência (Mayee e Sarkar, 1982).

2.3.1 Vírus do enrolamento da folha da batata (Potato Leafroll Virus- PLRV)

O PLRV é um luteovírus com partículas icosaédricas de 24 nm de diâmetro, contendo RNA de fita simples do tipo infeccioso, linear, com transmissão circulativo. Tem uma gama restrita de hospedeiras, limitando-se praticamente à família Solanaceae. Sua transmissão só é possível através de insetos vetores, dos quais o mais frequente é o afídeo *Myzus persicae* Sulz., ou através de enxertia, apresentando replicação viral confinada aos tecidos do floema (Hooker, 1981). As partículas do vírus são translocadas via floema até os tubérculos com diferentes velocidades e em função da idade da planta, quando da sua contaminação, anotando-se a existência de maiores dificuldades à translocação do vírus em plantas no final do ciclo, que tenderiam a manter o vírus limitado à própria folha onde foi inoculado. O vetor abriga o vírus em seu sistema circulatório, numa relação do tipo circulativo, chegando a contaminar diversas plantas durante sua existência, (Tamada e Harrison, 1981).

Em condições de campo, os sintomas do PLRV podem apresentar dois quadros diferentes:

- Infecção primária, proveniente de infecção adquirida em campo pela

picada do vetor, e caracterizada pela ligeira descoloração, posicionamento mais ereto e enrolamento dos folíolos superiores da planta e com arroxamento nas bordas (Gallotti, Hirano e Bertocini, 1992). No entanto, esses sintomas primários, geralmente, não são visíveis quando ocorrem no final da estação de cultivo, sendo a diagnose no campo praticamente impossível (Hooker, 1981; Beemster, 1987).

- Infecção secundária, adquirida por tubérculos já infectados é generalizada por toda a planta. As folhas mais velhas mostram uma curvatura para cima e amarelecimento setorial; são coriáceas e apresentam arroxamento dos bordos (Mizubuti, 1981; Gallotti, Hirano e Bertocini, 1992). Os tubérculos produzidos são em menor número, podendo apresentar necrose nos vasos condutores, próximos ao estolão, com subsequente redução da produção (Hooker, 1981; Smith, 1981). Plantas severamente infectadas, após a emergência freqüentemente apresentam sintomas semelhantes aos da infecção secundária (Souza Dias, Amâncio e Costa 1990). A severidade dos sintomas varia com a cultivar, a estirpe do vírus e fatores ambientais (Gallotti, Hirano e Bertocini, 1992).

2.3.2 Vírus Y da batata (Potato Virus Y - PVY)

O PVY, pertencente ao gênero *Potyvirus*, apresenta partículas alongadas e flexuosas com 730 x 11 nm, com RNA de fita simples, do tipo infeccioso. Infecta muitas espécies de importância econômica, especialmente da família Solanaceae, como o tomate (*Lycopersicon esculentum* Mill.), o pimentão (*Capsicum annuum* L.) e o fumo (*Nicotiana tabacum* L.). (Hooker, 1981).

Devido à existência de diversas estirpes, os sintomas variam desde pouco

perceptível até pronunciada necrose da folhagem e morte das plantas infectadas. Porém, o mais comum é o sintoma de mosaico leve ou severo (Ávila, 1987; Gallotti, Hirano e Bertocini, 1992). No Estado de Minas Gerais, estirpes mais importantes para a cultura da batata são a PVY^o (estirpe comum), PVYⁿ (necrótica) e PVY^c (estirpe C) (Andrade, 1992). Em condições de campo, não se consegue diferenciá-las sem o auxílio de técnicas laboratoriais, como o método sorológico DAS-ELISA ou pelo uso de plantas indicadoras apropriadas.

A estirpe PVY^o é diferenciada, principalmente, pelos fortes sintomas que causa em *Nicotiana glutinosa* L., *Physalis floridiana* Rydd. e batata. É encontrada em todo o globo (Kahn e Monroe, 1963).

A PVYⁿ (estirpe necrótica) é assim denominada por produzir severa necrose nas nervuras das plantas de fumo. Foi primeiramente descrita na América do Sul, mas já foi relatada em vários países do mundo (Hooker, 1980).

A PVY^c difere das outras estirpes por não ser transmitida por *Myzus persicae* Sulz., que é um eficiente vetor de PVY. Foi primeiro descrita na Austrália e Inglaterra, mas já foi também constatada em outros países (Kahn e Monroe, 1963).

2.3.3 Vírus X da batata (Potato Virus X - PVX)

O PVX é caracterizado como membro típico do grupo Potexvirus, apresentando partículas alongadas e flexuosas, com 515 x 13 nm contendo RNA de fita simples, do tipo infeccioso. Apresenta uma gama limitada de hospedeiros, restritos praticamente à família Solanaceae (De Boks e Van der Want, 1987) e é transmitido por contato através de ferimentos e, ocasionalmente, por fungos de solo, apresentando alta infectividade.

Nas condições brasileiras, o PVX, normalmente, não induz sintomas (Ávila, 1987), porém, eventualmente, pode induzir mosqueamento difuso dos

folíolos, mosaico e redução do tamanho dos folíolos (Mizubuti, 1981). Por outro lado, quando ocorre infecção conjunta com outros vírus como o PVY, provoca sintomas severos de mosaico rugoso, devido a uma ação sinérgica entre esses vírus, causando danos à cultura que podem ser bastante drásticos. (Mizubuti, 1981; Ávila, 1987).

Segundo Cokerham (1970), citado por Mendoza (1993), as estirpes de PVX foram classificadas em quatro grupos, de acordo com a sua virulência aos genes de hipersensibilidade Nx e Nb e extrema resistência Rx. Estirpes do grupo 1 são caracterizadas por anéis verde-claros na superfície das folhas de fumo, seguido por um mosqueamento verde-escuro e verde-claro. Essas estirpes ocorrem principalmente associadas com as estirpes do grupo 3. O grupo 2 é encontrado apenas ocasionalmente, sendo que as estirpes podem ter seus sintomas modificados em experimentos de enxertia. O grupo 3 compreende as estirpes que ocorrem mais frequentemente. Elas causam mosqueamento claro nas folhas de fumo, enquanto que na batata, genótipos portadores do gene Nx apresentam lesões pretas nas folhas após infecção da seiva. O grupo 4 não ativa os genes N; podendo infectar cultivares com genes Nx e Nb, porém, não aquelas com o alelo Rx (Ross, 1986).

Uma nova estirpe encontrada na região de Títicaca na Bolívia, denominada PVX_{HB}, não é influenciada pelos genes da série N ou série R (Ross, 1986). Estudos revelaram que somente essa estirpe pode ser diferenciada visualmente por meio de plantas indicadoras apropriadas (Querci, Baulcombe, Goldbach et al., 1995).

2.4- Controle genético da resistência às viroses

Várias formas de resistência às viroses têm sido descritas para a batata:

- Resistência à infecção ou resistência de campo: as plantas não se tornam facilmente infectadas em condições de cultivo (Salazar, 1982).

- Resistência associada à tolerância: apesar da planta ser suscetível ao vírus, não se verifica queda significativa de produtividade (Salazar, 1982).
- Resistência associada à intolerância: caracterizado por necrose em grande parte da planta, quando infectada no campo (Hooker, 1981).
- Resistência associada à hipersensibilidade: ocorre a morte rápida da célula hospedeira infectada, restringindo a disseminação da partícula viral na planta, conferindo à mesma proteção absoluta (Hooker, 1981).
- Tolerância aos vetores: presença de estruturas morfológicas na planta, como os tricomas glandulares que evitam a atividade e desenvolvimento do vetor (CIP, 1990).
- Imunidade: o vírus não consegue se replicar na célula da planta nem mesmo após a enxertia de uma planta imune em uma planta infectada. Não há alteração da proteção imune por ação de fatores climáticos, como se observa nos outros tipos de resistência (Salazar, 1982).

A resistência à infecção é controlada por genes menores (poligenes) e exigem que ambos os pais possuam pelo menos um nível intermediário de resistência. Um genitor com resistência pronunciadamente baixa diminui, consideravelmente, o nível de resistência da progênie (Ross, 1986).

As resistências associadas à hipersensibilidade ou à imunidade podem ser diferenciadas pela enxertia em uma planta infectada por vírus. O primeiro tipo mostra necrose na parte área do enxerto (genes Na, Ns, Ny e NI). No caso de imunidade, ou não aparecem sintomas (genes Rx e Ry) ou ocorre necrose de pontos nas folhas superiores. Em enxertos mais velhos, observa-se necrose nas margens das folhas inferiores, (genes Ry) (Ross, 1986).

A batata é uma espécie autotetraplóide, de herança tetrassômica (Mihovilovich, 1996), podendo apresentar, para cada loco gênico, cinco

constituições diferentes em função do número de alelos dominantes: AAAA-quadríplex; AAAa-tríplex; AAaa-duplex; Aaaa-símplex e aaaa-nulíplex. As reações de hipersensibilidade e imunidade são controladas por genes maiores que atuam já na condição símplex. Porém, em cruzamentos com cultivares suscetíveis (nulíplex), produzem apenas 50% de descendentes imunes. A maior parte dos genes maiores atua de forma não específica para as raças e, até o momento, não se observou quebra de resistência pelos diferentes vírus (Ross, 1986).

2.4.1 Resistência ao PLRV

A resistência ao vírus do enrolamento das folhas da batata é poligênica (Ross, 1986) e tem vários componentes, como: resistência à infecção, replicação, translocação, hipersensibilidade, antibiose e antixenose de afídeos (não-preferência). Não tem sido encontrada imunidade em espécies de *Solanum* selvagens nem na cultivada. Isso pode ter razões anatômicas (CIP, 1990), pois o PLRV é exclusivamente restrito ao floema e parece mover-se através dos sistemas condutores da planta, sem entrar no interior do parênquima. A resistência à infecção, conhecida como resistência relativa ou resistência de campo, é geralmente o componente mais utilizado.

O grau de resistência das progênies é avaliado em condições de campo em região infestada de afídeos ou em casa de vegetação, inoculando as plantas por meio de afídeos, e testando-as, posteriormente, pelo método sorológico DAS-ELISA (Ross, 1986).

A resistência nas cultivares atuais, em muitos casos, é proveniente das espécies *S. demissum* e *Solanum tuberosum ssp andigena*. Outras cultivares resistentes são originadas da família híbrida MPI 44.335, incluindo o clone MPI 19268, um ancestral de muitas cultivares Holandesas resistentes ao enrolamento. Elevada resistência é também herdada pelo retrocruzamento de *S. acaule* x *ssp*

tuberosum, como por exemplo o híbrido MPI 44.1016/10 (Ross, 1986).

Alguns cultivares resistentes ao enrolamento, tais como, Apta, Carla, Ida, Monza e Sedira (Alemanha) e Kama (Polônia) possuem um tipo de hipersensibilidade ou intolerância. Zandina e Novak (1983), citados por Ross (1986), constataram que a herança, tipo intolerância, é monogênica dominante (NI), e modificada por genes menores. Entre as poucas espécies que reagem com hipersensibilidade ao PLRV está *S. raphanifolium* (2x).

2.4.2 Resistência ao PVY

A resistência a PVY é altamente herdável, com controle monogênico e considerada durável (Mendoza, 1994). Baseada nos tipos de resistência à infecção, hipersensibilidade e imunidade. Em algumas espécies cultivadas e selvagens como *S. phureja* e *S. stenotomum* a alta resistência à infecção está associada a reações necróticas que se aproximam da hipersensibilidade sistêmica. A resistência à infecção é baseada em efeitos de genes menores (Ross, 1986).

Um problema grave para identificar plantas infectadas por PVY tem sido a latência, isto é, a dificuldade em reconhecer a infecção em alguns cultivares, quando as estirpes fracas PVY⁰ ou PVY^c, tomam-se predominantes. Por outro lado, provoca sintomas fortes no fumo (Mendoza, 1994).

Genes maiores N e R são usados no melhoramento para resistência associada à necrose. Os genes N governam uma reação necrótica entre hipersensibilidade localizada e sistêmica. Os genes Ny podem ser encontrados em alguns cultivares, tais como, Pentland Crown, e em híbridos com as espécies *S. chacoense*, *S. demissum* e *S. microdontum*. Os genes são geralmente de expressividade média. Ocasionalmente plantas doentes podem ser encontradas no campo (Ross, 1986).

Os genes Ry, por outro lado, controlam o tipo de resistência extrema

(imunidade), que proporcionam uma proteção completa. A imunidade ao PVY é controlada pelos genes da série Ry encontrada em várias espécies como *Solanum andigena* (Ry_{adg}), *S. hougacii* (Ry_{hou}), *S. stoloniferum* (Ry_{ao}), *S. chacoense* (Ry_{chc}) e *S. phureja* (Ry_{phu}) (Mendoza, 1996; Okamoto, Neilson, Albrechisen et al., 1996).

A resistência do Ry pode ser expressa no protoplasto. Barker e Harrison (1984) citados por Ross (1986), verificaram que somente 0,1% dos protoplastos das cultivares Corine e Pirola ficaram infectadas, em contraste com a cultivar susceptível Kerr's Pink, que apresenta um nível de infecção de até 11%.

Algumas cultivares já possuem o gene de imunidade ao PVY. Entre elas, tem-se Corine, Santé (Holanda), Bobr, Brda, Bzura, Pilita e San (Polônia), Magyar rosa e Szignal (Hungria), Barbara, Biron, Cordia, Esta, Forelle, Franzi, Heidrum, Pirola e Wega (Alemanha) (Swiezynski, 1994).

2.4.3 Resistência ao PVX

O melhoramento genético, visando à resistência ao PVX, é baseado nos tipos de resistência à infecção, hipersensibilidade localizada e imunidade. A resistência à infecção, em algumas cultivares, pode alcançar níveis muito altos. Todavia deve-se reconhecer que, em cruzamento, "seedlings" altamente resistentes surgem somente quando ambos os pais possuem o mesmo nível elevado de resistência. Por outro lado, os genes de hipersensibilidade são específicos a cada grupo de PVX. O gene Nb confere resistência contra as estirpes dos grupos 1 e 2, enquanto que o gene Nx confere resistência contra as estirpes do grupo 1 e 3. Recentemente o Nb foi localizado no cromossoma V na mesma região que contém o Rx2 (De Jong et al., 1997, citado por Tommisk, Hämäläinen, Watanabe et al., 1998). A resistência à imunidade ao vírus PVX é monogênica, dominante e altamente herdável (Mendoza, 1994). Assim, o cruzamento entre um genitor

imune simplex (Rx rx rx rx) e um susceptível nulíplex (rx rx rx rx), produz 50% de clones imunes .

Segundo Mendoza (1990), o controle genético da resistência ao PVX é feito pelos genes da série Rx. O gene Rx originou-se da cultivar chilena Villaroela de *ssp. tuberosum* e foi introduzido nas cultivares americanas, Atlantic, Carlton, Jemsec, Reliance, Saco, Shoshoni e Tawa por meio da linhagem melhorada América 41956 (Ross,1986).

Os genes Rx1 e Rx2 conferem imunidade a todas as estirpes dos quatro grupos de PVX, e foram localizados no cromossoma XII e V respectivamente.

Em geral, as estirpes de PVX pertencentes ao grupo 1, não quebram a imunidade na batata conferida pelos genes dominante Rx, Rx_{adg}, Rx_{ocl} de *S. tuberosum ssp. tuberosum*, *S. tuberosum ssp. andigena* e *S. acaule* respectivamente. Por outro lado, o patótipo HB, presente somente na área de Titicaca na Bolívia, quebra essa imunidade (Mendonza,1994). Atualmente o CIP (Centro Internacional de la Papa-Peru) está buscando genes de resistência contra PVX_{HB}. O clone DTO-28 tem se mostrado com alto nível de hipersensibilidade a esse biotipo e as cultivares Bzura (Rx_{ocl}) e Atlantic (Rx) possuem gene que confere resistência relativa. Plantas de Bzura e Atlantic inoculadas com PVX apresentaram apenas 5% infecção. A resistência relativa ao PVX_{HB} encontrados em Bzura e Atlantic é, portanto, um atributo adicional à imunidade contra outros biotipos de PVX (Querci, Baulcombe, Goldbach et al., 1995).

De acordo com Ross (1986) o gene Rx_{adg} foi detectado por Wiersema (1961) numa progênie de *ssp. andigena* CPC 1673. Já o gene Rx_{ocl} foi encontrado em *S. acaule* e introduzido nas cultivares Alemã Aguti, Assia, Barbara, Moni, Natalie, Roeslau, Saphir e na cultivar Argentina Serrana Inta. O híbrido (*S. acaule x S. stoloniferum*) X *ssp. tuberosum* com ambos os genes Ry e Rx_{ocl} também tem sido usado como genitor em programas de melhoramento.

Entre as várias cultivares que possuem o gene para imunidade, pode-se ainda citar: Atrela, Dar Wina, Pansta, Produzent, Promesse, Proton, Sante (Holanda), Bobr, Brda, Bzura, Dryf, Fregueta, Olza, Pilica e San (Polônia) Swiezynski (1994).

2.5 Estratégias do melhoramento visando resistência às viroses

Embora o principal objetivo nos programas de melhoramento às doenças viróticas seja a obtenção de cultivares resistentes ao PLRV (Mihovilovich, 1996), a seleção direta de genótipos resistentes tem sido dificultada em decorrência da natureza poligênica do controle desse caráter (Ross, 1983). Um fator que interfere no sucesso da seleção à resistência ao PLRV é a interação que ocorre com o PVY e PVX, pois, se eventualmente um clone resistente ao PLRV vier a se infectar com o PVY e/ou PVX, o grau inicial de resistência ao PLRV diminui drasticamente (Brandolini, Caligari e Mendoza, 1992; Sequeira, 1992).

Para melhor utilização de todas as fontes de resistências, desenvolveu-se no CIP (Centro Internacional de la Papa - Peru), uma estratégia de melhoramento populacional baseada na aplicação de ciclos de seleção recorrente com testes de progênies. Essa estratégia visa ao aumento das frequências dos alelos para imunidade ao PVY e PVX, bem como a manutenção de ampla variabilidade genética (Mendoza, 1990).

O aumento da frequência dos alelos permite primeiramente identificar os genitores simplex imunes e posteriormente os genitores duplex. O intercruzamento de clones duplex permitirá a obtenção de genótipos imunes triplex e quadriplex (Mihovilovich, 1996). Por meio dessa estratégia de seleção, Mendoza, Mihovilovich e Saguma (1996), obtiveram, a partir do cruzamento de genitores duplex para resistência ao PVY (RyRyryry x RyRyryry), 182 clones imunes a PVY com boas características agrônomicas.

Utilizando-se testador nuliplex susceptível (ryryryry) observou-se a presença de 2 clones com imunidade do tipo triplex para o PVY (RyRyRyry).

Considerando a herança tetrassômica da batata cultivada, a obtenção e utilização de materiais triplex (RyRyRyry) ou quadriplex (RyRyRyRy) como genitores em programas de melhoramento, permite a produção de clones com imunidade e simplifica o processo seletivo para materiais resistentes ao PLRV e finalmente, diminui o impacto dessas viroses na cultura da batata (Mihovilovich, 1996). Pelo exposto, a estratégia mais apropriada a ser adotada em programas de melhoramento, é a obtenção de clones imunes ao PVY e PVX, antes de se selecionar materiais resistentes ao PLRV (Mihovilovich, 1996). Portanto, identificar clones com imunidade aos vírus X e Y com caracteres agronômicos desejáveis e adaptados às condições do Sul de Minas Gerais, é de suma importância.

3 MATERIAL E MÉTODOS

3.1 Material

Avaliaram-se 570 clones de batata de oito famílias obtidas por cruzamentos biparentais entre materiais imunes aos vírus X e Y, na condição simplex, originados no Centro Internacional de la Papa (CIP), Peru. A genealogia dos clones XY, empregados como genitores, e as oito famílias estão apresentadas no Tabela 1. Esses genitores, além dos genes para imunidade aos vírus X e Y, apresentam também uma série de outras características de interesse, tais como, precocidade, tolerância ao calor, nematóides e resistência à pinta preta (*Alternaria solani*) (CIP, 1989).

As sementes botânicas foram obtidas em casa de vegetação no Departamento de Biologia da Universidade Federal de Lavras, utilizando-se para os cruzamentos a metodologia descrita por Martins e Pinto (1994), exceto pela utilização da lâmpada de luz mista de 160 Watts.

TABELA 1. Genealogia das famílias clonais obtidas entre clones imunes os vírus X e Y.

Famílias	Nº de clones	Clones genitores	Pedigree dos clones genitores
Fam. 1	120	XY9 - XY13	(Atlantic x Y84.007) x (LT-8 x 575049)
Fam. 2	121	XY2 - XY4	(Bzura x LT-7) x (LT-8 x C83.119)
Fam. 3	65	XY9 - XY10	(Atlantic x Y84.007) x (LT-8 x I-1039)
Fam. 4	96	XY3 - XY9	(LT-8 x 575049) x (Atlantic x Y84.007)
Fam. 5	20	XY2 - XY13	(Bzura x LT-7) x (LT-8 x 575049)
Fam. 6	82	XY11- XY10	(Y84.007 x Atlantic) x (LT-8 x I-1039)
Fam. 7	22	XY2 - XY3	(Bzura x LT-7) x (LT-8 x 575049)
Fam. 8	44	XY11- XY3	(Y84.007 x Atlantic) x (LT-8 x 575049)

Para quebrar a dormência, as sementes botânicas foram tratadas com solução de ácido giberélico a 1500 ppm, por 24 horas, secas à sombra e semeadas

em bandejas de isopor, contendo substrato orgânico mineral. Aproximadamente 30 dias após o plantio, as plântulas foram transplantadas para sacos de polietileno preto (10 cm X 15 cm) com o mesmo substrato descrito anteriormente. Os tubérculos foram colhidos cerca de 70 dias após a semeadura e tratados com bissulfureto de carbono (25 ml/m³) por 72 horas, para acelerar a brotação. De cada clone, foram separados três tubérculos, um para a avaliação da reação aos vírus X e Y e os outros dois para serem multiplicados para os ensaios de campo.

3.2 Detalhes experimentais

Foram conduzidos dois ensaios distintos, um para avaliar a reação aos vírus X e Y e outro para avaliar o desempenho agrônômico dos clones em condições de campo.

3.2.1 Avaliação da reação aos vírus X e Y da batata

Os 570 clones foram plantados em sacos plásticos contendo substrato orgânico mineral. A inoculação com os vírus Y e X foi efetuada no estágio de quatro folhas verdadeiras, entre 15 e 20 dias após o plantio.

O inóculo foi preparado a partir de folhas novas com sintomas, macerados de plantas infectadas com os vírus e provenientes da coleção do Departamento de Fitopatologia da UFLA, estabelecida nas plantas indicadoras *Nicotiana tabacum*, cultivar TNN (PVY) e *Gomphrena globosa* (PVX). Vale ressaltar que isolado do PVX, até então, não foi caracterizado a nível molecular. Esse macerado de folhas infectadas foi então misturado com solução tampão de fosfato de sódio monobásico 0,01 M e sódio fosfato dibásico 0,01 M, a pH 7,0, previamente preparada. Essa metodologia de preparação de inóculo foi a mesma, tanto para o PVY como para o PVX.

Antes da inoculação, foi pulverizado carborundum 400 mesh sobre as quatro primeiras folhas a fim de promover pequenos danos mecânicos e permitir a entrada das partículas virais. As inoculações foram feitas manualmente planta a planta, utilizando algodão umedecido com solução tampão e macerado de folhas das fontes de inóculos. Primeiramente, inoculou-se o PVY e após três dias o PVX. Após a inoculação, as plantas foram lavadas. Esse procedimento foi baseado em teste preliminar, no qual se verificou que a ordem de inoculação dos vírus (PVX, PVY ou PVX+PVY), não alterou os resultados dos testes DAS-ELISA. Foram efetuadas duas inoculações: a primeira em janeiro de 1997 e a segunda em novembro de 1998, com os 570 clones que tuberizaram no ano anterior.

A reação das plantas aos vírus X e Y foi avaliada no laboratório de virologia do Departamento de Fitopatologia da UFLA, usando o método sorológico DAS-ELISA. Foram coletadas as folhas mais novas de cada planta a ser avaliada. As análises foram realizadas seguindo os passos indicados no manual de instruções incluso no kit, que consiste de uma adaptação da metodologia apresentada por Clark & Adams (1977). A leitura dos resultados foi pelo método colorimétrico na absorvância de 405 nm.

3.2.2 Avaliação dos clones em condições de campo

Para avaliação dos caracteres agronômicos, foi conduzido um ensaio entre o período de junho a setembro de 1998, na área experimental do Departamento de Biologia da Universidade Federal de Lavras, em solo classificado como latossolo vermelho escuro distrófico, textura argilosa e relevo suavemente ondulado. Lavras está localizada na região sul do Estado de Minas Gerais, latitude 21° 14' S, Longitude 40° 17' W e 918,80 m de altitude.

Empregou-se o delineamento de blocos aumentados (Federer, 1956), com

570 clones e sete genitores como tratamentos regulares. Esses tratamentos foram distribuídos em quarenta blocos com quinze tratamentos regulares e um bloco com nove tratamentos regulares. Como tratamento comum a todos os blocos utilizaram-se as cultivares Monalisa e Baraka (testemunhas). A parcela constituiu-se de uma linha com três plantas espaçadas de 0,35 m e entre linhas de 0,75 m.

Por ocasião do plantio, foi feita uma adubação com a formulação 4-14-8 (N₂, P₂O₅ e K₂O) na dosagem de 3,0 t/ha e inseticida de solo (aldicarb) na dosagem de 10 Kg/ha. Por volta de 40 dias após o plantio, realizou-se a adubação nitrogenada em cobertura com 300 Kg/ha de sulfato de amônio e 160 Kg/ha cloreto de potássio, seguida da operação de amontoa. Os tratamentos fitossanitários foram realizados durante a condução dos experimentos, visando a mantê-los sem a competição de plantas invasoras ou danos de pragas e doenças.

Avaliaram-se os seguintes caracteres:

- a) Produção de tubérculos comerciáveis - tubérculos com diâmetro transversal acima de 33 mm;
- b) Porcentagem de tubérculos graúdos - tubérculos com diâmetro transversal acima de 45 mm;
- c) Peso médio de tubérculos comerciáveis;
- d) Peso médio de tubérculos graúdos;
- e) Porcentagem de matéria seca dos tubérculos - estimada pela expressão $MS = -217,2 + 221,2D$ (Schippers, 1976), onde D é o peso específico, obtido pela fórmula:

$$D = \frac{\textit{peso ar}}{\textit{peso ar} - \textit{peso água}}$$

Os pesos ao ar e na água foram determinados em balança hidrostática.

- h) Aparência dos tubérculos - formato, cor da película, cor da polpa, profundidade de olhos ou das gemas e ocorrência de defeitos.

3.3 Metodologia estatística

Os dados inicialmente foram submetidos a uma análise de variância, para cada caráter separadamente, usando o modelo de blocos aumentados (Federer, 1956).

$$Y_{ij} = \mu + t_{i'} + t_{i(j)} + b_j + e_{j(i)}$$

onde:

Y_{ij} : é a observação do i -ésimo tratamento regular ou i' - éximo tratamento comum no j - éximo bloco;

μ : é o efeito fixo da média geral do ensaio;

$t_{i'}$: é o efeito fixo do i - éximo tratamento comum ($i' = 1, 2$);

$t_{i(j)}$: é o efeito aleatório do i - éximo tratamento regular ($i = 1, 2, \dots, 577$) dentro do j -ésimo bloco;

b_j : é o efeito aleatório do j - éximo bloco incompleto ($j = 1, 2, \dots, 41$);

$e_{j(i)}$: é o efeito aleatório do erro experimental do i -ésimo tratamento regular ou i -ésimo tratamento comum dentro do j -ésimo bloco assumindo-se que os erros são independentes e normalmente distribuídos com média zero e variância σ^2 .

As análises de variância foram realizadas usando o programa "MAPGEN" desenvolvido por Ferreira (1993)¹. Das análises intrablocos, retiraram-se as variâncias das diferenças entre médias ajustadas dos tratamentos regulares e calculou-se o quadrado médio do residuo efetivo, os quais foram usados para compor uma nova análise de variância (Tabela 2).

¹ Não publicado. Prof. Dr. Daniel Furtado Ferreira, Depto de Ciências Exatas da Universidade Federal de Lavras-UFLA, C.P. 37, CEP: 37.200- 000, Lavras-MG.



TABELA 2. Esquema da análise de variância utilizando o resíduo efetivo com as respectivas esperanças dos quadrados médios.

Fonte de Variação	QM	E(QM)
Clones	Q1	$\sigma_e^2 + \sigma_8^2$
Famílias clonais	Q2	$\sigma_e^2 + \sigma_1^2$
Clones/Fam.1	Q3	$\sigma_e^2 + \sigma_1^2$
Clones/Fam.2	Q4	$\sigma_e^2 + \sigma_2^2$
Clones/Fam.3	Q5	$\sigma_e^2 + \sigma_3^2$
Clones/Fam.4	Q6	$\sigma_e^2 + \sigma_4^2$
Clones/Fam.5	Q7	$\sigma_e^2 + \sigma_5^2$
Clones/Fam.6	Q8	$\sigma_e^2 + \sigma_6^2$
Clones/Fam.7	Q9	$\sigma_e^2 + \sigma_7^2$
Clones/Fam.8	Q10	$\sigma_e^2 + \sigma_8^2$
Resíduo efetivo	Q11	σ_e^2

Em que:

σ_8^2 : variância genética entre os clones;

σ_1^2 : variância genética entre as famílias;

σ_k^2 : variância genética entre clones dentro das famílias K, k=1,...8.

σ_e^2 : variância ambiental;

Para se fazer essa análise com base nas médias ajustadas de tratamentos regulares, foi necessário estimar o quadrado médio do resíduo efetivo. Para recuperação da informação interblocos, calcula-se o quadrado médio do resíduo efetivo por meio da expressão derivada por Ferreira, 1995 (Barbosa, 1996).

$$\text{QMErro Efetivo} = \left[1 + \frac{1}{r+c-1} + \frac{r}{c(r+c-1)} + \frac{(r-2n) \sum_{k=1}^b n_k^2}{cn^2(r+c-1)} + \frac{b \sum_{k=1}^b n_k^2}{n^2(r+c-1)} \right] \text{QM Erro Intra}$$

Em que:

r : número total de tratamentos regulares, r= 1,2...,577.

c : número total de tratamentos comuns, $c= 1,2$

n : número total de parcelas, $n= 1,2,...17$

b : número de blocos do experimento, $b= 1, 2,...,41$

n_k : número de parcelas em cada bloco ($K=1,...k$)

QM erro intra : quadrado médio do erro da análise intrablocos.

As análises, utilizando o resíduo efetivo, foram realizadas para todos os caracteres, seguindo o modelo estatístico:

$$Y_{ij} = m + t_i + c_{j(i)} + e_{ij}$$

Em que:

Y_{ij} : observação do clone *j* da família clonal *i*;

m : média geral do caráter;

t_i : efeito da família clonal *i* ($i = 1, 2, \dots 8$)

c_{j(i)} : efeito do clone *j* dentro da família clonal *i*, $j = 1, 2, \dots 577$.

e_{ij} : efeito do erro experimental, associado a observação *y_{ij}*.

3.4 Estimativa da heterose

A heterose para cada família clonal foi estimada pelo método dos quadrados mínimos, utilizando o seguinte modelo:

$$\hat{h} = F_1 - \frac{m_1 + m_2}{2}$$

Em que:

\hat{h} : heterose;

F₁ : média da família clonal.

m₁ : média do genitor 1;

m₂ : média do genitor 2;

A significância da estimativa da heterose foi avaliada pelo teste t.

$$t = \frac{\hat{h} - 0}{\frac{\sqrt{\text{erro efetivo}}}{\sqrt{n}}}$$

Em que:

n: número de clones da família.

3.5 Estimativa da herdabilidade

As herdabilidade para produção de tubérculos comerciáveis e teor de matéria seca foram obtidas a partir das esperanças matemáticas apresentadas na Tabela 2 de acordo com Vencovsky e Barriga (1992).

$$h = \frac{Q1 - Q11}{Q1} * 100$$

3.6 Cálculo do índice b

Os índices b foram calculados a partir das estimativas dos coeficientes de variação genético (CVg) e coeficiente de variação experimental (CVe).

Em que:

$$CVg = \frac{\sqrt{\sigma_c^2}}{m} * 100$$

$$CVe = \frac{\sqrt{Q11}}{m} * 100$$

$$b = \frac{CVg}{CVe}$$

4 RESULTADOS E DISCUSSÃO

4.1 Reação aos vírus X e Y.

Na Tabela 3, estão apresentadas as percentagens de clones com DAS-ELISA negativa aos vírus X e Y, avaliados em duas inoculações. Em média, cerca de 98% dos clones apresentaram DAS-ELISA negativa ao PVX, enquanto que para o PVY, a DAS-ELISA negativa foi apresentada por 73,8% dos clones. Os resultados foram semelhantes nas duas avaliações.

TABELA 3. Porcentagem de clones de oito famílias de batata diagnosticados pela técnica DAS-ELISA negativa. Lavras, 1999.

Famílias	Primeiro teste		Segundo teste	
	% Imunidade		% Imunidade	
	PVY	PVX	PVY	PVX
Fam. 1	69,50	100,00	73,33	100,00
Fam. 2	76,00	98,40	76,86	99,17
Fam. 3	81,48	100,00	73,85	100,00
Fam. 4	75,00	98,00	78,12	95,24
Fam. 5	69,66	98,88	65,00	95,00
Fam. 6	81,11	94,44	70,73	98,78
Fam. 7	70,73	98,78	72,73	95,45
Fam. 8	70,42	100,00	72,73	100,00
Média	74,24	98,56	73,33	98,00

O teste de χ^2 para a proporção 3 imunes : 1 suscetível, esperada em cruzamentos entre clones simplex, foi não significativa para o PVY ($\chi^2 = 0,27$ e $0,19$ na primeira e segunda inoculações respectivamente) mas foi significativo para o PVX ($\chi^2 = 225,85$ e $176,90$ na primeira e segunda inoculações respectivamente).

Uma possível explicação para a discrepância entre os valores observados e esperados para reação ao PVX pode estar relacionada ao isolado do vírus X

empregado para testar a resistência dos clones, pois a reação da cultivar depende do isolado de PVX.

Butzonitch et al. (1996), estudaram o comportamento de diferentes isolados de PVX e PVY^N oriundos da Argentina e dos isolados de PVX e PVY^O originários do programa de melhoramento do Uruguai. Verificaram que 33 e 21% dos isolados da Argentina e Uruguai, respectivamente, induziram sintomas diferentes nas plantas inoculadas, mostrando que os isolados da Argentina foram mais eficientes para identificar e selecionar os genótipos resistentes às estirpes do que os isolados de Uruguai.

Querci et al. (1995), trabalhando com cultivares de *S. tuberosum* e as espécies selvagens *S. acaule* e *S. sucrense* e diferentes estirpes de PVX, originárias de várias localidades do Peru e Bolívia, verificaram que o clone OCH-11926 de *S. sucrense* foi resistente às estirpes de PVX comum e PVX_{HB}, porém suscetível aos isolados mutantes (KB-TK e CP4-KR). O mutante KB-TK é derivado da estirpe PVX_{HB} e o CP4-KR é derivado da estirpe PVX_{CP4}, por meio de mutação de ponto em dois aminoácidos (121 e 127) na proteína da capa do vírus. Portanto, pode-se verificar que a mutação ocorrida na sequência de aminoácidos da capa protéica do vírus foi suficiente para tornar as plantas suscetíveis. Por outro lado, Watts, Singh e Singh (1997), relatam que a patogenicidade do PVX não está limitada a uma única mudança no aminoácido, e sugerem que outras regiões do genoma do vírus, além do gene da proteína da capa, podem estar envolvidas na interação vírus – hospedeiro.

Os clones simplex e imunes para os vírus X e Y, usados como genitores no presente trabalho, podem ter gerado clones duplex (RyRyryry ou RxRxrxrx) que, quando cruzados com cultivares suscetíveis produzem mais de 80% de clones imunes. É, pois, provável que alguns dos clones imunes ao PVX e PVY sejam duplex (RyRyryry e/ou RxRxrxrx). A identificação de clones duplex e seu

intercruzamento possibilitariam a obtenção de clones triplex (RyRyRyry ou RxRxRxrx) e quadriplex (RyRyRyRy ou RxRxRxRx). Esses, por sua vez, seriam os materiais ideais para serem empregados em programas de melhoramento, pois geram progênes completamente imunes.

4.2 Caracteres agronômicos em condições de campo

Os resumos das análises de variância para produção comerciável de tubérculos por planta, peso médio de tubérculos comerciáveis, peso médio de tubérculos graúdos, porcentagem de tubérculos graúdos e teor de matéria seca dos tubérculos são apresentados na Tabela 4.

Os coeficientes de variação (CV%) das análises intrablocos foram altos para todos os caracteres avaliados, no entanto estão de acordo com os padrões normalmente constatados para a cultura da batata (Vermmer, 1990). Quando realizaram as análises de variância, usando o resíduo efetivo, os CV's se elevaram cerca de 20%. Isso, ocorreu, principalmente, porque os erros foram obtidos por meio das médias ajustadas dos tratamentos regulares que possuem maiores variâncias nas comparações entre si. Por outro lado, o erro experimental das análises de variância intrablocos foram obtidas pelos tratamentos comuns (Monalisa e Baraka) que se encontraram em todos os blocos. Assim, a precisão experimental foi maior, pois os contrastes possuem uma menor variância.

Verificaram-se diferenças significativas entre clones para os caracteres produção comerciável de tubérculos por planta e teor de matéria seca dos tubérculos. O desdobramento da soma de quadrados dos clones indicou significância entre famílias clonais para os caracteres produção tubérculos comerciáveis por planta, peso médio de tubérculos comerciáveis, porcentagem de tubérculos graúdos e teor de matéria seca dos tubérculos. Para o caráter produção de tubérculos comerciáveis,

detectaram-se diferenças significativas somente para clones dentro das famílias 1, 3 e 6. Não se detectaram diferenças significativas para clones dentro de família para os caracteres peso médio de tubérculos comerciáveis, peso médio de tubérculos graúdos e porcentagem de tubérculos graúdos. Por outro lado, para o caráter teor de matéria seca dos tubérculos observaram-se diferenças altamente significativas para clones dentro das famílias 3, 4, 6, 7 e 8.

TABELA 4. Resumo das análises de variância para produção comerciável dos tubérculos, peso médio de tubérculos comerciáveis, peso médio de tubérculos graúdos, porcentagem de tubérculos graúdos e teor de matéria seca dos tubérculos. Lavras, 1999.

Fonte de Variação	Gl	QM				
		Produção tubérculo comerciável (g / parcela)	Peso Médio tubérculo comerciável (g)	Peso Médio Tubérculos graúdos (g)	Porcentagem Tubérculos Graúdos (g)	Teor Matéria Seca (g)
Clones	(578)	53617,98 *	744,25	2435,72	965,94	2,56 *
Fam.clonais	7	118660,33 **	2273,60 **	3598,97	2993,99 *	7,38 *
Clones/Fam.1	119	59505,37 *	745,41	1798,87	622,99	1,74
Clones/Fam.2	120	46825,52	560,28	2309,65	968,01	1,14
Clones/Fam.3	64	72661,97 **	940,91	1920,66	991,38	4,26 **
Clones/Fam.4	95	34647,27	515,39	2111,48	837,70	2,55 **
Clones/Fam.5	19	30385,93	608,83	3020,08	1161,78	1,78
Clones/Fam.6	81	61479,13 *	786,55	3082,29	1101,59	2,76 **
Clones/Fam.7	21	30350,02	552,04	3164,67	812,24	3,69 **
Clones/Fam.8	43	32195,81	759,15	3756,30	1082,56	2,82 **
Genitores	6	47712,62	536,59	2168,63	1023,63	4,74 **
Fam. Vs Gen.	1	232150,04 **	6727,48 **	2783,46	3909,45	0,48
Test vs Irat. reg.	1	244902,30 **	3518,81 *	1235,43	861,33	23,34 **
Testemunha	1	468266,66 **	6877,31 **	10466,69	17997,71 **	40,56 **
Resíduo efetivo	40	32114,06	546,14	2994,70	1100,00	1,15
Médias ajustadas		413,25	89,24	106,83	57,00	19,20
CV(%) Resíduo efetivo		43,36	26,18	51,23	57,85	5,60

** , * significativo ao nível de 1 e 5% pelo teste F, respectivamente.

Entre os genitores, observaram-se diferenças significativas apenas para teor de matéria seca dos tubérculos (Tabela 4).

Verificou-se ainda contraste significativo para famílias versus genitores para

os caracteres produção de tubérculos comerciáveis por planta e peso médio de tubérculos comerciáveis, e também significativo para testemunhas versus tratamentos regulares para produção de tubérculos comerciáveis por planta, peso médio de tubérculos comerciáveis e teor de matéria seca dos tubérculos (Tabela 4).

As testemunhas apresentaram diferenças significativas entre si para todos os caracteres avaliados, exceto para peso médio de tubérculos graúdos (Tabela 4).

Nas Tabelas 5 e 6, estão apresentadas as médias das famílias clonais e dos genitores respectivamente. Para todos os caracteres, as famílias clonais apresentaram médias superiores às dos genitores. Destacam-se as famílias 1 (Atlantic x Y84.007) x (LT-8 x 575049), 3 (Atlantic x Y84.007) x (LT-8 x I-1039) e 6 (Y84.007 x Atlantic) x (LT-8 x I-1039) que, no conjunto dos caracteres avaliados, apresentaram médias superiores às demais. Essas famílias foram, também, as únicas que apresentaram maior variabilidade entre os clones para produção de tubérculos comerciáveis (Tabela 4). Elas se destacaram, ainda, em porcentagem de tubérculos graúdos e os teores de matéria seca dos tubérculos foram superiores a 19 % (Tabela 5).

Os genitores apresentaram baixa magnitude para todos os caracteres (Tabela 6). Destaca-se o genitor XY-2, com produção de tubérculos comerciáveis de 639,85 g e teor de matéria seca dos tubérculos acima de 20%.

A baixa produtividade média observada, tanto entre as famílias clonais, quanto nos genitores, deve-se à falta de adaptação desses materiais às condições ambientais do Sul de Minas Gerais. Do germoplasma utilizado, apenas a cultivar Atlantic é comercialmente cultivada no Brasil. Porém, essa cultivar contribui com apenas 25% do genoma para os clones das famílias 1, 3, 4, 6 e 8.

TABELA 5. Médias das famílias clonais para produção de tubérculos comerciáveis, peso médio de tubérculos comerciáveis, peso médio de tubérculos graúdos, porcentagem de tubérculos graúdos e teor de matéria seca dos tubérculos. Lavras, 1999.

Família	Genitores	Produção Tubérculo Comerciável (g/planta)	Peso Médio Tubérculo Comerciável (g)	Peso Médio Tubérculos Graúdos (g)	Porcentagem Tubérculos Graúdos (g)	Teor Matéria Seca (g)
Fam. 1	XY9-XY13	438,75 ab	92,55 c	112,21 a	57,00 bc	19,54 a
Fam. 2	XY2-XY4	413,38 ab	82,15 c	100,23 a	51,00 c	19,53 a
Fam. 3	XY9-XY10	484,52 a	100,73 a	116,39 a	70,00 a	19,02 b
Fam. 4	XY3-XY9	355,78 c	86,78 c	105,54 a	57,00 bc	19,00 b
Fam. 5	XY2-XY13	388,59 abc	80,29 c	102,18 a	49,00 c	19,68 a
Fam. 6	XY11-XY10	400,11 abc	95,28 b	114,53 a	60,00 ab	19,05 b
Fam. 7	XY2-XY3	363,16 bc	84,22 c	90,31 a	48,00 c	18,78 bc
Fam. 8	XY11-XY3	323,85 c	86,81 c	100,00 a	53,00 bc	18,50 c
média		396,02	88,60	105,17	55,60	19,14

Médias seguidas pela mesma letra não diferem entre si, pelo teste de Tukey, a 5% de probabilidade.

TABELA 6. Médias dos genitores para caracteres de produção. Lavras, 1999.

Genitores	Produção Tubérculo Comerciável (g/planta)	Peso Médio Tubérculo Comerciável (g)	Peso Médio Tubérculos Graúdos (g)	Porcentagem Tubérculos Graúdos (g)	Teor Matéria Seca (g)
XY-2	639,85 a	87,80 a	89,62 a	50,00 a	20,66 a
XY-4	361,10 a	111,54 a	148,48 a	31,00 a	18,71 ab
XY-11	222,32 a	60,63 a	79,73 a	91,00 a	19,67 a
XY-3	215,26 a	68,30 a	124,17 a	27,00 a	18,67 ab
XY-10	194,35 a	47,04 a	-	-	14,41 b
XY-9	188,44 a	46,52 a	93,48 a	19,00 a	20,94 a
XY-13	186,10 a	73,46 a	73,59 a	60,00 a	19,51 a
Média	286,77	70,76	87,01	39,71	18,94

Contudo, verifica-se que a produtividade média dos genitores e famílias clonais não diferiram das médias das testemunhas, Monalisa e Baraka (286,8g, 396,0g e 545,0g respectivamente). Isso pode ser devido, em parte, à baixa sanidade da batata-semente utilizada como testemunha, como constatado, visualmente, pelos sintomas no campo e confirmados, posteriormente, pelo teste DAS-ELISA. A pouca variabilidade entre a

maioria dos clones dentro das famílias se deve à semelhança nas suas genealogias. As famílias 1, 4 e 8 são todas oriundas de clones provenientes do cruzamento (Atlantic x Y84.007) x (LT-8 x 575049). O mesmo acontece para as famílias 3 e 6 originadas de clones do cruzamento (Atlantic x Y84.007) x (LT-8 x I-1039) e das famílias 5 e 7 derivadas de clones do cruzamento (Bzura x LT-7) x (LT-8 x 575.049). A família 2, embora não tenha a mesma genealogia das famílias já descritas, possui grande similaridade com as famílias 5 e 7, com coeficiente de parentesco de 0,086, diferindo dessas apenas pela inclusão do clone C83-119 em substituição ao clone 575.049.

As estimativas da heterose para todas as famílias clonais estão apresentadas na Tabela 7. Para a produção de tubérculos comerciáveis e peso médio de tubérculos comerciáveis e grãos e porcentagem de tubérculos grãos, as heteroses médias foram elevadas. Notam-se, contudo, grandes discrepâncias das estimativas da heterose entre as famílias clonais. Por exemplo, para peso médio de tubérculos comerciáveis, obtiveram-se valores de -17,01, para a família 2, a 53,92 para a família 3.

Observa-se que as famílias 1, 3 e 6 foram as que apresentaram os maiores valores de heterose para todos os caracteres. Por outro lado, as famílias 5 e 7 apresentaram estimativas de baixa magnitude e não significativas para todos os caracteres. A família 2 foi a única que apresentou estimativas negativas e significativas de heteroses para produção de tubérculos comerciáveis e peso médio de tubérculos comerciáveis e grãos. Os valores negativos para esses caracteres podem ser explicados, em parte pelo fato da família 2 ser endogâmica, pois, o clone C83.119 é descendente de LT7, embora o coeficiente de endogamia tenha sido relativamente baixo (3,12%).

A heterose é um fenômeno comum em batata e é uma valiosa ferramenta para os melhoristas, pois possibilita a seleção de clones superiores. Sabe-se que a heterose é baseada em interações não aditivas dos genes (capacidade específica de combinação - CEC), compreendendo as

interações intralocos (sobredominância) bem como interlocos (epistasia) entre genes, e interações aditivas (capacidade geral de combinação - CGC), (Mendoza e Haynes, 1974).

TABELA 7. Valores da heterose (%) para produção comerciável de tubérculos por planta, peso médio de tubérculos comerciáveis, peso médio de tubérculos graúdos, porcentagem de tubérculos graúdos e teor de matéria seca. Lavras, 1999.

Família	Heterose (%)				
	Produção Tubérculo Comerciável (g/planta)	Peso Médio Tubérculo Comerciável (g)	Peso Médio Tubérculos Graúdos (g)	Porcentagem Tubérculos Graúdos (g)	Teor Matéria Seca (g)
Fam. 1	281,10 **	32,81 **	28,71 **	18,60 **	-0,80 **
Fam. 2	-78,30 **	-17,01 **	-18,82 **	11,12 **	-0,20
Fam. 3	293,10 **	53,92 **	69,63 **	60,53 **	1,22 **
Fam. 4	159,30 **	29,64 **	-2,52	34,72 **	-0,80 **
Fam. 5	-24,40	-0,13	20,64	-6,01	-0,40
Fam. 6	191,80 **	41,42 **	74,73 **	15,02 **	2,00 **
Fam. 7	-64,40	6,21	-16,12	10,31	-0,91 **
Fam. 8	88,70 **	21,93 **	-5,71	9,41 *	-0,70 **
Média	133,90	22,30	19,90	20,60	0,02

**,* significativo ao nível de 1 e 5% pelo teste t, respectivamente.

Em ampla revisão, Bradshaw e Mackay (1994) relatam que os valores de CGC e CEC têm contribuído em proporções variadas para todos os caracteres de importância agrônômica em batata. Cruzamentos entre genitores geneticamente diferentes, dentro de *S. tuberosum ssp. tuberosum* ou dentro da *ssp. andigena* de diferentes procedências, e entre a *ssp. tuberosum* e *ssp. andigena* têm produzido progênes heteróticas (Cubillos e Plaisted, 1976).

Em experimentos de campo, a CEC é predominante dentro de *ssp. tuberosum*, sendo responsável pela variação da heterose de grande parte dos caracteres agrônômicos (Tai, 1976). Möllers et al. (1981), citado por Ross (1986), realizaram

cruzamentos dentro de *S. tuberosum* e verificaram acréscimo de 60% e 90 %, respectivamente, para produção de flores e fertilidade do pólen, e aumento substancial de produção de tubérculos do híbrido quando comparado com a média dos pais. Möllers, Frei e Wendel, (1994) observaram que os valores de heterose para produção de tubérculos variaram de 70% a 230% quando comparada com a média dos pais. Esses resultados são corroborados pelos dados observados no presente trabalho, onde a heterose para produção de tubérculos comerciáveis variou de -78,3 para a família 2, a 293,1, para a família 3.

Land e Hanneman (1982) citados por Ross (1986), observaram predominância da CGC dentro da *ssp. andigena*, para produção total, número de tubérculos e peso médio dos tubérculos.

A heterose entre híbridos envolvendo as *ssp. tuberosum* e *andigena* tem sido maior do que aquelas observadas dentro de cada espécie. Cubillos e Plaisted, (1976), verificaram que os híbridos oriundos da *ssp. tuberosum* e *ssp. andigena* tiveram produção total superior aos híbridos de *ssp. tuberosum* e igual produção aos híbridos de *ssp. andigena*. As altas estimativas das heteroses obtidas no presente trabalho concordam com os dados da literatura, uma vez que os híbridos avaliados possuem em seus genomas, tanto a *ssp. andigena* como exemplo o LT-8, presente no pedigree de todas as famílias, bem como LT-7, enquanto que Atlantic é provenientes da *ssp. tuberosum*.

Para o caráter teor de matéria seca dos tubérculos, as heteroses, embora significativas, foram de magnitude baixa, não apresentando nenhuma importância agrônômica. Esses valores inexpressivos se devem aos efeitos aditivos dos genes que controlam esse caráter (CGC) (Ross, 1986). Esses resultados são corroborados também pelos dados de Momenté (1994), que utilizou famílias clonais oriundas de cruzamentos biparentais, de polinização livre e de autofecundação, nas mesmas condições do presente trabalho. Quando a autora comparou as médias dos clones de

autofecundação em relação as demais famílias, constatou uma redução da ordem de 40 % para produção de tubérculos comerciáveis, 38% para produção de tubérculos graúdos, 33 % para porcentagem de tubérculos graúdos e 23% para peso médio dos tubérculos graúdos. Por outro lado, para o teor de matéria seca dos tubérculos, a depressão por endogamia foi de apenas 6%. Como a endogamia é um fenômeno oposto ao da heterose, implica que não deveria-se encontrar heterose para esse caráter. Tem sido relatado, também, que a porcentagem de matéria seca dos tubérculos está altamente correlacionada com o peso específico (Killik, 1972), o qual apresenta altas estimativas para CGC (Tai, 1976), demonstrando haver predominância dos efeitos aditivos.

Embora tenham sido observados valores de herdabilidades moderadas (Tabela 8), para produção de tubérculos comerciáveis (40,1%), peso médio de tubérculos comerciáveis (26,6 5) e o teor de matéria seca dos tubérculos (55,0%), a seleção de clones superiores pode ser realizada com sucesso, uma vez que a razão Cvg/Cve para esses três caracteres foi de 1,29, 1,17 e 1,49 respectivamente (Vencovsky e Barriga, 1992). Para os demais caracteres não será eficaz em função dos baixos coeficientes e herdabilidade e do parâmetro b.

Tabela 8. Estimativa da herdabilidade ao nível de clones (h^2 %), dos coeficientes de variação genético (CVg %) e índice b (CVg/Cve) para produção de tubérculos comerciáveis, peso médio de tubérculos comerciáveis, peso médio de tubérculos graúdos, porcentagem de tubérculos graúdos e teor de matéria seca dos tubérculos. Lavras, 1999.

Parâmetros	Produção tubérculo Comerciável (g/ planta)	Peso Médio Tubérculo Comerciável (g)	Peso Médio Tubérculos Graúdos (g)	Porcentagem Tubérculos Graúdos (g)	Teor Matéria Seca (g)
h^2 (%)	40,10	26,62	0,00*	0,00*	55,0
CVg (%)	56,00	30,56	46,19	54,52	8,30
b	1,29	1,17	0,90	0,94	1,49

*Estimativas negativas para a variância genética de clones

As herdabilidades para esses caracteres, embora possam ser muito variáveis em função das populações e das condições experimentais, foram semelhantes às de outros trabalhos desenvolvidos nas mesmas condições. Momenté (1994) e Bearzoti (1994), observaram herdabilidades variando de 27 % a 81% para produção de tubérculos comerciáveis e de 58% a 82% para teor de matéria seca dos tubérculos.

Na Tabela 9, são apresentadas as médias para produção de tubérculos comerciáveis, peso médio de tubérculos comerciáveis e graúdos, porcentagem de tubérculos graúdos e teor de matéria seca dos tubérculos para os quarenta clones mais produtivos, com reação negativa ao PVX e PVY e com ausência de defeitos fisiológicos (embonecamento e rachadura) nos tubérculos. A superioridade desses clones em relação à produção média das testemunhas, variou de 55% a 215%, para os clones 6.47 e 2.03. Mais uma vez, as famílias 1, 3 e 6 sobressaíram sobre as demais, sendo que 62,5% dos quarenta clones mais produtivos pertencem a essas famílias.

A maioria dos clones superou as testemunhas Monalisa e Baraka para os caracteres peso médio de tubérculos comerciáveis, peso médio de tubérculos graúdos, porcentagem de tubérculos graúdos e teor de matéria seca dos tubérculos. Vale destacar que 32,5% dos 40 clones selecionados apresentaram teor de matéria seca superior a 20%. Essa é uma característica importante nos programas de melhoramento de batata, pois segundo Gould et al; (1988), citados por Barbosa (1996), o teor de matéria seca dos tubérculos de aproximadamente 20%, é necessário para atender à indústria de fritas.

TABELA 9. Médias das testemunhas e dos quarenta clones mais produtivos, com reação negativa ao PVY e PVX e ausência de defeitos fisiológicos. Lavras, 1999.

Clones	Produção comerciável (g/planta)	Peso Médio comerciável (g)	Peso Médio grãos (g)	Porcentagem grãos (g)	Teor Matéria seca (g)
2.03	1477,76	132,38	192,10	100,00	18,78
1.9	1202,76	98,37	165,49	94,00	20,31
1.79	1179,85	93,97	107,27	42,00	19,91
3.34	1102,76	121,76	138,49	69,00	20,43
6.11	1053,71	89,60	119,57	64,00	18,35
6.17	977,76	80,55	107,50	56,00	19,39
3.31	977,76	127,08	132,05	100,00	19,27
3.48	948,60	133,54	131,29	88,00	20,68
2.88	942,35	82,91	93,28	67,00	19,57
6.12	936,10	88,85	94,43	67,00	20,62
6.19	931,93	149,22	186,87	100,00	20,88
3.62	925,68	120,00	172,64	100,00	20,04
4.46	925,68	132,54	191,10	100,00	19,79
4.63	881,93	109,14	75,56	95,00	15,73
1.120	861,10	110,76	131,81	61,00	20,61
1.91	861,10	125,70	172,43	97,00	19,70
2.41	856,93	85,74	164,38	65,00	18,83
6.67	856,93	119,34	128,28	86,00	18,37
7.8	852,76	103,45	117,64	100,00	18,29
6.49	850,68	151,88	207,18	100,00	20,09
8.9	847,10	83,20	149,67	68,00	19,65
3.36	836,10	113,50	130,68	79,00	19,43
2.35	821,51	92,45	112,35	44,00	20,39
2.123	815,26	104,46	160,81	91,00	18,22
1.84	802,76	87,90	92,22	47,00	15,61
1.05	798,60	80,39	63,06	73,00	19,24
2.42	798,60	101,27	154,73	87,00	21,83
2.65	796,52	115,96	116,19	55,00	19,36
3.11	794,43	123,07	183,18	99,00	17,16
1.59	787,04	103,24	134,86	65,00	20,65
4.69	773,60	125,22	139,22	73,00	19,50
8.3	770,68	117,43	162,64	71,00	17,06
3.45	769,43	99,27	127,64	78,00	19,93

"...continua..."

TABELA 9, Cont."

Clones	Produção Tubérculo comerciável (g / planta)	Peso Médio Tubérculo comerciável (g)	Peso Médio Tubérculos Graúdos (g)	Porcentagem Tubérculos Graúdos (g)	Teor Matéria Seca (g)
1.73	752,77	72,26	81,18	51,00	18,12
1.29	752,77	93,25	110,068	63,00	18,13
3.3	748,60	114,35	111,22	81,00	18,90
5.12	748,60	130,03	201,16	06,00	21,70
2.116	731,94	84,59	98,99	46,00	19,24
6.28	731,93	72,90	158,14	61,00	19,05
6.47	728,71	121,69	133,00	73,00	20,16
Monalisa	393,86	87,08	99,68	38,00	17,92
Baraka	545,00	105,39	122,27	67,00	19,33

Os caracteres relativos à aparência dos tubérculos estão descritos na Tabela 10. Todos os clones apresentaram película amarela e cor da polpa amarelo-claro ou creme. Houve variação para profundidade dos olhos e formato dos tubérculos, mas a maioria dos clones apresentou olhos superficiais e formato oblongo cheio.

Tabela 10. Características dos tubérculos dos quarenta clones mais produtivos e com reação negativa ao PVY e PVX e com ausência de defeitos fisiológicos. Lavras, 1999.

Clones	Cor de pele	Cor da polpa	Profundidade dos olhos	Formato dos tubérculos
2.03	Amarelo	Amarelo claro	Superficial	Oblongo cheio
1.9	Amarelo	Creme	Superficial	Oblongo cheio
1.79	Amarelo	Creme	Superficial	Oblongo cheio
3.34	Amarelo	Creme	Mediamente Prof.	Oblongo achatado
6.11	Amarelo	Amarelo Claro	Superficial	Redondo cheio
3.31	Amarelo	Creme	Profundo	Oblongo cheio
6.17	Amarelo	Amarelo Claro	Superficial	Redondo cheio
3.48	Amarelo	Creme	Superficial	Oblongo cheio
2.88	Amarelo	Amarelo claro	Superficial	Redondo cheio
6.12	Amarelo	Amarelo Claro	Superficial	Redondo cheio
6.19	Amarelo	Amarelo Claro	Mediamente Prof.	Redondo cheio

"... continua..."

TABELA 10. "Cont."

Clones	Cor de pele	Cor da polpa	Profundidade dos olhos	Formato dos tubérculos
3.62	Amarelo	Creme	Profundo	Oblongo cheio
4.46	Amarelo	Creme	Superficial	Redondo cheio
4.63	Amarelo	Creme	Superficial	Redondo cheio
1.120	Amarelo	Amarelo claro	Superficial	Oblongo cheio
1.91	Amarelo	Amarelo claro	Mediamente Prof.	Oblongo cheio
2.41	Amarelo	Amarelo claro	Superficial	Oblongo cheio
6.67	Amarelo	Amarelo Claro	Mediamente Prof.	Alongado cheio
7.8	Amarelo	Amarelo Claro	Superficial	Redondo cheio
6.49	Amarelo	Amarelo Claro	Superficial	Redondo cheio
8.9	Amarelo	Creme	Superficial	Redondo cheio
3.36	Amarelo	Creme	Superficial	Oblongo cheio
2.35	Amarelo	Amarelo claro	Mediamente Prof.	Oblongo cheio
2.123	Amarelo	Amarelo claro	Superficial	Oblongo cheio
1.05	Amarelo	Creme	Superficial	Oblongo cheio
2.42	Amarelo	Amarelo claro	Superficial	Oblongo cheio
2.65	Amarelo	Amarelo claro	Saliente	Oblongo cheio
3.11	Amarelo	Creme	Superficial	Oblongo cheio
1.59	Amarelo	Amarelo claro	Superficial	Oblongo cheio
4.69	Amarelo	Amarelo claro	Mediamente Prof.	Redondo cheio
8.3	Amarelo	Amarelo claro	Mediamente Prof.	Redondo cheio
3.45	Amarelo	Creme	Mediamente Prof.	Oblongo cheio
1.73	Amarelo	Creme	Superficial	Oblongo cheio
1.29	Amarelo	Creme	Superficial	Oblongo cheio
3.3	Amarelo	Creme	Superficial	Oblongo cheio
Monalisa	Amarelo	Amarelo claro	Superficial	Alongado cheio
Baraka	Amarelo	Creme	Mediamente Prof	Alongado achatado

Em linhas gerais, os clones apresentaram tubérculos com aparência que atendem as necessidades do mercado consumidor, isto é, oblongos, cor da polpa amarelo claro e olhos superficiais AGRIANUAL 99, (1998).

O formato do tubérculo é determinado pela razão (I) comprimento/largura. O tipo redondo apresenta $I < 1.4$, oblongo cerca de 1.9 e alongado > 2.0 . De Jong e Burns (1993), estudando a herança do formato dos tubérculos em batata classificaram os materiais em redondo ou alongado. Os materiais de formato comprimido foram incluídos na classe redonda e os oblongos na

classe de alongados. Eles verificaram que um único gene com efeito maior controlava os formatos arredondado e alongado, sendo o formato arredondado dominante. Contrariando esses resultados, Salaman (1926) e Rudolf e Baerecke (1974) citados por Ortiz e Huaman (1994), constataram que a forma alongada domina a arredondada.

Para a coloração da película Burton (1966) citado por Howard (1970), relata que a presença de antocianina nas células corticais periféricas é fundamental para a pigmentação. A cor amarela é dominante sobre as cores menos intensas e um único gene foi usado para explicar a herança dessa característica.

A cor da polpa pode ser branca ou amarela. Ortiz e Huanan (1994), relatam que a cor amarela é dominante sobre a branca, e é determinada por um único gene. Contudo, as diferentes intensidades intermediárias das cores de tonalidade amarela é devido a genes menores modificadores que controlam o nível da cor amarela.

Howard (1970), mostra que o caráter olhos superficiais é dominante sobre olhos profundos. Por outro lado, esse mesmo autor relata que Heribert-Nelsson, (1913), mostrou que olho profundo é dominante sobre olho superficial. Ross (1986), menciona que um genitor com olhos profundos sempre transfere às progênes essa característica.

O controle genético da cor da película e da polpa e profundidade de olhos relatados na literatura, permitem inferir que, em futuros cruzamentos envolvendo os clones experimentais gerados neste trabalho, a seleção para os tipos desejáveis não deve oferecer nenhuma dificuldade.

5 CONCLUSÕES

- Foram identificados e selecionados clones com imunidade aos vírus X e Y, com boa produtividade, elevado teor de matéria seca, tubérculos com película e cor da polpa amarela, olhos superficiais e formato oblongo cheio e adaptados às condições do Sul de Minas Gerais.
- As famílias 1, 3 e 6 provenientes dos cruzamentos (Atlantic x Y84.007) x (LT-8 x 575049), (Atlantic x Y84.007) x (LT-8 x I-1039) e (Y84.007 x Atlantic) x (LT-8 x I-1039) respectivamente, apresentaram maior variabilidade genética e oferecem maior probabilidade para seleção de clones superiores, sendo que 62,5% dos clones mais produtivos pertencem a essas famílias.
- Os melhores clones foram 2.03, 1.9, 1.79, 3.34 e 6.11 com produção tubérculos comerciáveis superior a 1000 g por planta e teor de matéria seca acima de 19%.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- AGRIANUAL 99. Anuário da Agricultura Brasileira. São Paulo: FNP Consultoria, 1998.
- ANDRADE, E.R. de; FIGUEIRA, A.R. Incidência e sintomatologia de estirpes do vírus Y (PVY) nas regiões produtoras de batata do sul de Minas Gerais. *Ciência e Prática*, Lavras, v.16, n.3, p.371-376, jul./set 1992.
- ÁVILA, A.C. Produção de semente. In: REIFSCHNEIDER, F. J. B. *Produção de batata*, Brasília: Linha Gráfica, 1987. p.103-117.
- BARBOSA, M.H.P. Capacidade combinatória e comparação entre critérios de seleção de clones de batata (*Solanum tuberosum* L.). Lavras: UFLA, 1996. 138p. (Dissertação-Mestrado em Fitotecnia).
- BEARZOTI, E. Comparação entre métodos estatísticos na avaliação de clones de batata em um programa de melhoramento. Lavras: ESAL, 1994. 128p. (Dissertação-Mestrado em Genética e Melhoramento de Plantas).
- BEEEMSTER, A.B.R. Virus translocation and mature-plant resistance in potato plants. In: DE BOKS, J.A.; VAN DER WANT, J.P.H. *Viruses of potatoes and seed-potato production*. Wageningen: Pudoc, 1987. Cap 7, p. 116-125.
- BRADSHAW, R.J.E.; MACKAY, G.R. *Potato genetics*. Rozalin: CAB International, 1994. Cap.15: Inheritance of resistance to virus, p.339-357.
- BRANDOLINI, A.; CALIGARI, P.D.S.; MENDOZA, H.A. Combining resistance to potato leafroll virus (PLRV) with immunity to potato viruses X and Y (PVX and PVY). *Euphytica*, Wageningen, v.61, n.18, p.37-42, Apr. 1992.
- BUTZONITCH, I.; COLAVITA, M.; CAPEZO, S.; et al. Behavior of local isolets of PVX and PVY in the screening for resistance of potato virus X and Y. *Revista de la Facultad de Agronomia la Plata*, v.101, n.2, p.127-132, 1996.
- CÂMARA, F.L.A.; CUPRETINO, F.P.; FILGUEIRA, F.A.R. Incidência de vírus em cultivares de batata multiplicadas sucessivamente em Goiás. *Fitopatologia Brasileira*, Brasília, v.11, n.3, p.711-716, out. 1986.
- CENTRO INTERNACIONAL DE LA PAPA. Control de enfermedades viróticas y similares. In: *Informe anual 89*. Lima, 1989. p.87.
- CENTRO INTERNACIONAL DE LA PAPA. Control de enfermedades viróticas y similares. In: *Informe anual 90*. Lima, 1990. p.103.

- CLARK, M.F.; ADAMS, A.N. Characteristics of the microplate method of Enzyme-Linked Immunosorbent Assay for detection of plant viruses. *Journal of General Virology*, London, v.34, n.3, p.475-483, Apr. 1977.
- CUBILLOS, A.G.; PLAISTED, R.L. Heterosis for yield in hybrids between *S. tuberosum* ssp. *tuberosum* and *tuberosum* ssp. *andigena*. *American potato journal*, Orono, v.53, n.4, p.143-150, June 1976.
- DE BOKX, J.A. Biological properties. In: DE BOKX, J.A.; VAN DER WANT, J.P.H. *Viruses of potatoes and seed-potato production*. Wageningen: Pudoc, 1987. Cap 5, p.58-82.
- DE BOKX, J.A.; VAN DER WANT, J.P.H. *Viruses of potatoes and seed-potato production*. Wageningen: Pudoc, 1987. 259p.
- DE JONG, H.; BURNS, V.J. Inheritance of tuber shape in cultivated diploid potatoes. *American Potato Journal*, Orono, v.70, n.3, p.267-283, Mar. 1993.
- ENCONTRO NACIONAL DE PRODUÇÃO E ABASTECIMENTO DE BATATA. 7, Araucária, 1993. Anais... Araucária: SOB, 1994. 78p.
- FEDERER, W.T. Augmented (or hoonuiaku) designs. *Hawaiian Planters Record*, Honolulu, v.55, p.191-208, 1956.
- FERREIRA, D.F.; REZENDE, G.D.S.P.; RAMALHO, M.A.P. No adaptation of Griffing's method IV of complete diallel cross analysis for experiments repeated in several environments. *Revista Brasileira de Genética*, Ribeirão Preto, v.16, n.2, p.357-366, June 1993.
- FIGUEIRA, A.R.; PINTO, A.C.S. Estirpe necrótica do vírus Y da batata em sementes importadas está causando problemas ao bataticultor mineiro. *Fitopatologia Brasileira*, v.20, p.299, ago. 1995. Suplemento (Resumo, 128).
- GALLO, D. *Manual de entomologia agrícola*. 2.ed. São Paulo: Ceres, 1988. 649p.
- GALLOTTI, G.J.M.; HIRANO, E.; BERTOCINI, O. Virose da batata : principais causas da degenerescência. *Agropecuário Catarinense*, Canoinhas, v.5, n.4, p.47-48, dez. 1992.
- HIRANO, E. Produção de semente . In: REIFSCHNEIDER, F. J. B. *Produção de batata*, Brasília: Linha Gráfica, 1987. p.171-183.
- HOOKE, W.J. *Compendium of potato disease*. St Paul: American Phytopathological Society, 1981. 125p.
- HOWARD, H.W. *Genetics of the potato Solanum tuberosum*. New York: Logos press, 1970, 111p.

- JABUONSKI, R.E; et al. Produção de semente. In: REIFSCHNEIDER, F. J. B. **Produção de batata**, Brasília: Linha Gráfica, 1987. p.1-5.
- KAHN, P.K., MONROE, R.L. Detection of the tobacco vein necrosis strains of Potato Virus Y in *Solanum tuberosum* and *S. andigena* introduced into United States. *Phytopathology*, Saint Paul, v.53, n.11, p.1356-1359, Sept. 1963.
- KILLICK, R.J. The analysis of penetrometer data from a potato breeding programme. *Potato Research*, Wageningen, v.15, p.91-105, 1972.
- MALLOZZI, P.R. Certificação de batata semente em relação às viroses. *Fitopatologia Brasileira*, Brasília, v.17, n.3, p.453-455, out. 1982.
- MARTINS, P.R.; PINTO, C.A.B.P. Indução de florescimento e pegamento de frutos em polinização controlados em batata. *Ciência e Prática*, Lavras, v.18, n.4, p. 370-377, 1994.
- MAYEE, C.D.; SARKAR, S. An enhanced multiplication of potato virus X is not related to a synergistic reaction between the potato viruses X and Y. *Potato Research*, Wageningen, v.25, p. 343-346, Apr. 1982.
- MENDOZA, H.A.; HAYNES, F.L. Genetic basis of heterosis for yield in the autotetraploid potato. *Theoretical and Applied Genetics*, Viena, v.45, p.21-25, 1974.
- MENDOZA, H.A. Merojamento de papa para resistência a los virus Y, X asi como al enrollamiento de las Hojas: Estrategia de investigation de seleccion. In: HIDALGO, O. A; RINCON, H.R. (eds). **Avances en el mejoramiento genético de la papa en los países del cono sur**. Lima: CIP, 1990. p.133-147.
- MENDOZA, H.A. Experiences, difficulties and prospects for durable disease resistance breeding en potatoes. In: JACOBS, Th; PARLEVIT, J.E. (eds). **Durability of disease resistance**. Lima: CIP, 1993. p.249-257.
- MENDOZA, H.A. Development of potatoes with multiple resistance to abiotic stress. In: ZEHNDER, G.W; M; POWELSON, M. L; JANSSON, R.K; et al. (eds). **Advances in potato pest: biology and management**. Lima: CIP, 1994. p.627-642.
- 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*, Orano, v.73, n.1, p.13-19, Jan. 1996.

- MIHOVILOVICH, E. Combatiendo las enfermedades de la papa: Desarrollo de clones parentales inmunes a los virus X e Y de la papa. IN: HOOKER, W. J. (ed). **Compendio de enfermedades de la papa**. Lima: CIP, v.22, n.2, p.6-9, Sept. 1996.
- MINAS GERAIS. Secretaria de Estado, da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. **Cenário futuro do negócio agrícola de Minas Gerais**. - Belo Horizonte, 1995. v.14, 103p.
- MIZUBUTI, A. Principais viroses da batateira sob condições de Brasil central. **Informe Agropecuário**, Belo Horizonte, v.17, n.76, p.46-50, abr. 1981.
- MÖLLERS, C.; FREI, U.; WENDEL, G. Field evaluation of tetraploid somatic potato hybrids. **Theoretical Applied Genetics**, Viena, v.88, n.1, p.147-152. 1994.
- MOMENTÉ, V.G. **Comparação entre diferentes tipos de famílias clonais para o melhoramento genético da batata (*Solanum tuberosum* L.)**. Lavras: ESAL, 1994. 83p. (Dissertação-Mestrado em genética e Melhoramento de Plantas).
- OKAMOTO, D.; NIELSON, S.V.S.; ALBRECHISEN, M.; et al. General resistance against potato vírus Y introduced into a commercial potato cultivar by genetic transformation with PVY^N coat protein gene. **Potato Research**, Wageningen, v.39, p.271-292, 1996.
- OLIVEIRA, A.C.S. de; MIRANDA, S. F. Aspectos econômicos da cultura da batata. **Informe Agropecuário**, Belo Horizonte, v.7, n.76, p.3-9, abr. 1981.
- ORTIZ, R.; HUAMAN, Z. Inheritance of morphological and tuber characteristics. In: BRADSHAW, J.E.; MACKAY, G.R. (eds.). **Potato genetics**. Wallingford: CAB INTERNATIONAL, 1994. p.263-283.
- QUERCI, M.; BAULCOMBE, D.C.; GOLDBACH, R. W. ET AL. Analysis of the resistance breaking determinants of potato virus X (PVX) Strain HB on different potato genotypes expressing resistance to PVX. **Molecular Plant Pathology**, Binnenhaven, v.85, n. 9, p.1003-1010, 1995.
- RAMAN, K.V. **Transmission de virus de papa por afideos**. Lima: CIP, 1985. 23p. (Boletim de Informações Técnicas, 2).
- ROSS, H. Major and minor genes in breeding virus resistant varieties. In: HOOKER, W. J. (ed). **Proceedings International congress - "Research for the Potato in the year 2000"**. Lima: CIP, 1983. p.165-166.
- ROSS, H. **Potato breeding: problems and perspectives**. Berlin: Verlag Paul Parey, 1986. 132p.

- SALAZAR, L.F. **Enfermedades virosas de la papa**. Lima: Centro Internacional de la Papa, 1982.111p.
- SCHIPPERS, P.A. The relationship between specific gravity and percentage dry matter in potato tubers. *American Potato Journal*, Orono, v.53, n.4, p.111-112, Apr. 1976.
- SEQUEIRA, J.C. Técnicas sorológicas e bio-moleculares de diagnóstico de vírus e de viróides em plantas. *Summa Phytopathologica*, Oeiras, v.18, n.2, p.80-110, abr./jun. 1992.
- SILVA, M. da. S .Multiplicação rápida. In; REIFSCHNEIDER, F.J.B. **Produção de batata**, Brasília: Linha Gráfica, 1987. p.194-200.
- SOUZA DIAS, J.C.A.; COSTA, A.S.; RAMOS, V.J. Enrolamento da folha é também praticamente o único fator de degenerescência da batata-semente no período de 1980-84 na estação experimental de Itararé-SP. *Fitopatologia Brasileira*, Brasília, v.9, n.2, p.405, jun. 1984. (Resumo).
- SOUZA DIAS, J.C.A.; AMÂNCIO, A.V.; COSTA, A.S. O vírus do enrolamento da folha da batata continua a ser a principal causa da degenerescência da batata-semente no Estado de São Paulo. *Fitopatologia Brasileira*, Brasília, v.5, n.2, p.136, jun. 1990. (Resumo).
- SMITH, K.M. **Description of plant viruses**. Oxford: CMI/AAB,1981. p.230-233.
- TAI, G.C.C. Estimation of general and specific combining abilities in potato. *Canadian journal of genetics and cytology*, Ottawa, v.18, p.463-470, 1976.
- TAMADA, T.; HARRISON, B.D. Quantitative studies on the uptake and retention of potato leafroll virus by aphids in laboratory and field conditions. *Annals of Applied Biology*, Wellesbourn, v.98, n.2, p.261-276, July 1981.
- TOMMISKA, T.J.; HÄMÄLÄINEN, J.H.; WATANABE, K.N.; et al. Mapping of the gene Nx_{ptm} that controls hypersensitive resistance to potato virus X in *Solanum phureja* IvP35. *Theoretical Applied Genetics*, Viena, v.96, n.6-7, p.840-843, May. 1998.
- TRUTA, A.A.C., **Deteção simultânea de vírus em batata (*Solanum tuberosum* L.) por DAS-ELISA e determinação do material vegetal ideal a ser utilizado nos programas de indexação**. Lavras: UFLA, 1997. 58p. (Dissertação-Mestrado em Fitopatologia).
- VENCOVSKY, R.; BARRIGA, P. **Genética biométrica no fitomelhoramento**. Ribeirão Preto: Revista Brasileira de Genética, 1992. 496p.

- VERMMER, H.** Optimizing potato breeding. I. The genotypic, environmental and genotype-environment coefficients of variation for tuber yield and other traits in potato (*Solanum tuberosum* L.) under different experimental conditions. *Euphytica*, Wageningen, v.49, n.3, p.229-236, Sept. 1990.
- VICENTE, M.** Fisiologia de plantas infectadas por vírus. *Fitopatologia Brasileira*, Brasília, v.4, n.2, p.181-187, jun. 1979.
- WATTS, N.R.; SINGH, M.; SINGH, R.P.** Potato virus X isolates from potato collected in eastern Canada with different symptoms in tobacco differ in their coat proteins. *American Potato Journal*, Orano, v.74, n.1, p.245-253, Apr. 1997.