

UNIVERSIDADE FEDERAL DE PELOTAS
Programa de Pós-Graduação em Agronomia



Tese

**Escolha de genitores e estratégias de seleção para
caracteres de aparência de tubérculo, rendimento e
qualidade de fritura, em batata**

Laerte Reis Terres

Pelotas, 2014

Laerte Reis Terres
Engenheiro Agrônomo (UFPel)

**Escolha de genitores e estratégias de seleção para caracteres
de aparência de tubérculo, rendimento e qualidade de fritura,
em batata**

Tese apresentada ao Programa de Pós-Graduação em
Agronomia da Universidade Federal de Pelotas, como
requisito parcial à obtenção do título de Doutor em Ciências
(área de conhecimento: Fitomelhoramento).

Orientador: Arione da Silva Pereira, PhD. – Embrapa Clima Temperado
Co-orientador: Caroline Marques Castro - Embrapa Clima Temperado

Pelotas, 2014

Banca examinadora:

Arione da Silva Pereira, Dr. - Orientador - Embrapa Clima Temperado
(presidente)

Rosa Lia Barbieri, Dra., Embrapa Clima Temperado.

Maria do Carmo Bassols Raseira, Dra, Embrapa Clima Temperado.

Giovani Olegário da Silva, Dr, Embrapa Hortaliças/SPM.

Dedico

A meus pais, **Arlei e Leda Terres**, e a minha esposa **Vanessa**,
pelo amor, incentivo e apoio em minhas decisões.

Agradecimentos

À Universidade Federal de Pelotas e ao Programa de Pós-Graduação em Agronomia, pela oportunidade de realização do curso.

A Embrapa Clima Temperado que permitiu o desenvolvimento do presente trabalho.

Ao Dr. Arione da Silva Pereira agradeço por ter acreditado em mim, pela dedicação e orientação.

Aos Professores Antônio Costa de Oliveira, Rosa Lia Barbieri, Caroline Marques Castro, Luciano Maia e demais professores da pós-graduação pelos conhecimentos transmitidos.

Ao Dr. Rich Novy e sua equipe pelo apoio durante a realização do estágio de doutorado sanduíche junto ao programa de melhoramento de batata do Departamento de Agricultura dos Estados Unidos (USDA).

A Capes pelo apoio financeiro e bolsa concedida para realização das pesquisas do doutorado no Brasil e estágio de doutorado sanduíche no Departamento de Agricultura dos Estados Unidos (USDA), em Aberdeen-ID.

Aos colegas e ex-colegas da pós em Fitomelhoramento Tatiane, Sydney, Diego, Rafael, Henrique, Murilo, Vicenti, Daniela, Glacy, Dediel, Francieli, Angela, Raquel, Roberta, Naciele, Natércia e demais pela amizade e conhecimentos transmitidos e compartilhados.

Aos estagiários Emerson, Anderson, Cândida e demais pela amizade e a valiosa contribuição nos trabalhos.

A equipe do Melhoramento Genético de Batata, Fernanda, Brenoaldo e Sergio pelo auxílio durante a realização deste trabalho.

A todos aqueles que, de algum modo contribuíram para que eu pudesse concretizar mais esta conquista.

Resumo

TERRES, Laerte Reis. **Escolha de genitores e estratégias de seleção para caracteres de aparência de tubérculo, rendimento e qualidade de fritura, em batata**. 2014. 103f. Tese (Doutorado) – Programa de Pós-Graduação em Agronomia. Universidade Federal de Pelotas, Pelotas.

Em programas de melhoramento genético de batata, a escolha de genitores e de estratégias de seleção devem ser definidos, cuidadosamente, e incorporados, como prática nos programas, para aumentar a eficiência e a eficácia. A pesquisa foi composta de cinco estudos. O primeiro teve como objetivo verificar as estimativas de capacidades de combinação de genitores de batata em gerações iniciais de seleção. Foram avaliadas 12 famílias segregantes, entre dois grupos de genitores de batata em um dialelo parcial (4x3). As famílias foram avaliadas para caracteres de aparência e rendimento de tubérculos. Os dados foram submetidos às análises de variância e dialélica parcial. Verificou-se que há predominância de efeitos aditivos dos genes para os caracteres uniformidade de formato, apontamento, curvatura, aparência geral, uniformidade de tamanho, número, massa e massa média de tubérculos. O segundo estudo teve como objetivo de estimar as respostas esperadas de seleção para caracteres de rendimento, de aparência e qualidade de fritura. Foram estudadas três populações segregantes de batata para caracteres de rendimento, aparência de tubérculos e qualidade de fritura. Os dados foram analisados estatisticamente segundo o modelo REML/BLUP. As respostas esperadas de seleção para qualidade de fritura sugerem que para se obter populações superiores deve-se utilizar ao menos um genitor de ótima qualidade de fritura. O terceiro estudo teve como objetivo principal estimar os parâmetros genéticos de caracteres componentes de rendimento e aparência de tubérculo nas primeiras gerações de seleção. Foram avaliadas 12 famílias segregantes de batata para caracteres de rendimento e aparência de tubérculos. Pode-se concluir que seleção pode ser aplicada com intensidade de leve a moderada na geração de plântula para os caracteres textura de película, aparência geral, número, massa e massa média de tubérculos. O quarto estudo objetivou verificar correlações entre e dentro de gerações para caracteres de aparência e rendimento de tubérculos, nas gerações iniciais de seleção e as implicações destas correlações na seleção. Foram

avaliadas 12 famílias segregantes de batata nas gerações de plântula e primeira geração de campo, para caracteres de rendimento e aparência de tubérculo. Foram realizadas análises de correlação entre e dentro das gerações. Os resultados demonstraram que seleção de forma negativa pode ser aplicada na geração de plântula para apontamento, número e massa média de tubérculos, descartando os extremos. Ainda sugerem que a seleção para massa de tubérculos pode ser feita selecionando com leve intensidade para os caracteres tamanho e massa média. O quinto estudo teve como objetivo comparar a eficiência de diferentes índices de seleção de clones superiores de batata. Foram comparados seis índices de seleção. Foram estudadas três populações híbridas de batata, para caracteres de rendimento e aparência de tubérculos. O índice multiplicativo e o índice de “ranks” mostraram-se mais eficientes.

Palavras-chave: *Solanum tuberosum* L., capacidade de combinação, parâmetros genéticos, ganho de seleção, índices de seleção.

Abstract

TERRES, Laerte Reis. **Parental choice and strategy selection for tuber appearance and tuber yield traits**. 2014. 103f. Thesis (Doutorado) – Programa de Pós-Graduação em Agronomia. Universidade Federal de Pelotas, Pelotas.

In potato breeding programs, the choice of parents and selection of strategies must be carefully defined, and incorporated as a practice in programs trying to increase the efficiency and efficacy. The research consisted of five studies. The first study aimed to verify the combining ability of potato parents in early generations of selection. Twelve segregating potato families derived from crosses between two groups of parents in a partial diallel (3x4) were evaluated. The families were evaluated to tuber appearance and yield traits. Data were analyzed for variance and partial diallel analysis. It was found that there is predominance of additive effects of genes for skin color, tuber shape uniformity, tuber pointing, tuber curvature, general tuber appearance, tuber size uniformity, tuber number, tuber yield, and average tuber weight. The second study aimed to estimate the expected response to selection for yield, appearance and fry quality traits. Three hybrid potato populations were studied and evaluated to yield, appearance and fry quality. Data were statistically analyzed according to the REML/BLUP model. The expected response to selection for frying quality suggests that to obtain superior populations, at least one parent of good fry quality should be used. The third study aimed to estimate genetic parameters for yield and tuber appearance traits in early generations of selection. Twelve segregating potato families were evaluated to yield and appearance traits. The experimental design was randomized blocks. It was concluded that selection can be applied with mild to moderate intensity in seedling generating for skin texture, general tuber appearance, tuber number, tuber yield, and average tuber yield. The fourth study aimed to examine correlations between and within generations for tuber appearance and tuber yield in early generations of selection and their implications in the selection. Twelve segregating potato families were evaluated in seedling and first field generation to appearance and yield traits. Correlation analysis between and within generations were performed. The results showed that negative selection can be applied in the seedling generation for tuber

pointing, tuber number, and average tuber weight. The results also suggest that selection for tuber yield can be applied at mild intensity for average tuber weight and tuber size. The fifth study aimed to compare the efficiency of different index selection methods for selection of superior potato clones. Three hybrid potato populations were studied. Six selection index were compared. The families were evaluated to yield and appearance traits. It was concluded that the multiplicative index and the index based on the sum of ranks are more efficient.

Key words: *Solanum tuberosum* L., combining ability, genetic parameters, selection gain, index selection.

Lista de Tabelas

2. Capacidade de combinação de genitores de batata para caracteres de aparência e rendimento de tubérculos.....18

Tabela 1 - Resumo da análise de variância conjunta, com decomposição de efeitos dialélicos, para caracteres componentes de aparência e rendimento de tubérculos de batata. Pelotas, 2014.....30

Tabela 2 - Capacidade geral de combinação de genitores de batata para caracteres de aparência de tubérculos avaliados em quatro anos. Pelotas, 2014.....31

Tabela 3 - Capacidade geral de combinação de genitores de batata para caracteres de aparência e rendimento de tubérculos em gerações iniciais. Pelotas, 2014.....32

Tabela 4 - Capacidade específica de combinação de genitores de batata para caracteres de aparência avaliados em gerações iniciais de batata. Pelotas, 2014.....33

3. Resposta esperada com a seleção para caracteres de rendimento, aparência de tubérculos e qualidade de fritura em três populações híbridas de batata.....34

Tabela 1 - Médias e estimativas do valor genético (BLUP), da herdabilidade relativa ao valor genético (h^2), da resposta esperada de seleção (R) e respectivos limites inferior e superior, para componentes de rendimento e aparência de batata de três populações híbridas de batata. Pelotas, 2014.....49

Tabela 2 - Médias e estimativas do valor genético (BLUP), da herdabilidade relativa ao valor genético (h^2), da resposta esperada de seleção (R) e respectivos limites inferior e superior, para caracteres de qualidade de fritura de "chips" de batata.....50

Tabela 3 - Correlações entre caracteres componentes de aparência, rendimento de tubérculos e qualidade de fritura de batata em três populações híbridas de batata. Pelotas. 2014.....51

4. Parâmetros genéticos associados a caracteres de aparência e rendimento de batata em gerações iniciais de seleção.....52

Tabela 1 – Resumo da análise da variância conjunta para componentes de rendimento e de aparência de tubérculo de batata na geração de plântula em casa-de-vegetação e primeira geração de campo. Pelotas, Embrapa, 2014.....63

Tabela 2 - Médias e parâmetros genético de doze famílias segregantes de batata para caracteres de aparência de tubérculo avaliados na geração de plântula (G1) e primeira geração de campo (G2). Pelotas, 2014.....64

Tabela 3 - Médias e parâmetros genéticos de doze famílias segregantes de batata para caracteres de rendimento de tubérculo avaliados na geração de plântula e primeira geração de campo. Pelotas, 2014.....65

Tabela 4 - Médias e parâmetros genéticos para caracteres de aparência de tubérculo avaliados na geração de plântula e primeira geração de campo. Pelotas, 2014.....	66
5. Associação entre caracteres de aparência e rendimento de tubérculos em gerações iniciais de batata.....	67
Tabela 1 - Coeficientes de correlação entre caracteres de aparência e rendimento de tubérculos de batata entre a geração de plântula de 2010 e primeira geração de campo de 2011. Pelotas, 2014.....	77
Tabela 2 - Coeficientes de correlação entre caracteres de aparência e rendimento de tubérculos de batata entre a geração de plântula de 2012 e primeira geração de campo de 2013. Pelotas, 2014.....	78
Tabela 3 - Coeficientes de correlações entre caracteres componentes de aparência e rendimento de tubérculos de batata na geração de plântula de 2010 (diagonal inferior) e primeira geração de campo de 2011 (diagonal superior). Pelotas, 2014.....	79
Tabela 4 - Coeficientes de correlações entre caracteres componentes de aparência e rendimento de tubérculos de batata na geração de plântula de 2012 (diagonal inferior) e primeira geração de campo de 2013 (diagonal superior). Pelotas, 2014.....	80
6. Estimativas de ganhos genéticos por diferentes índices de seleção em três populações híbridas de batata	81
Tabela 1 - Resumo da análise de variância para os caracteres massa total de tubérculos (MTT), percentual de tubérculos comerciais (PER), massa média de tubérculos (MME), textura de película dos tubérculos (TEX) e cor de película (COR).....	94
Tabela 2 - Estimativas das médias, herdabilidades (h^2) e ganhos de seleção em porcentagem (GS%), obtidos pela seleção direta e indireta (SEL) e pelo índice clássico de Smith (1936) e Hazel (1943) (SH), em três populações de batata, considerando cada caráter como principal.....	95
Tabela 3 - Estimativas de ganhos percentuais com a seleção (GS%) para caracteres de rendimento e aparência de tubérculos de batata pelos índices propostos por Smith (1936) e Hazel (1943)- SH, Mulamba and Mock (1978)- MM, Willians (1962)- BW, Pesek and Baker (1969)- PB, Multiplicativo de Subandi et al. (1973) e Elston (1963)- ELS, com os pesos econômicos e ganhos desejados (PE/GD), e respectivas situações de seleção.....	96

Sumário

Resumo	VI
Abstract	VIII
Lista de Tabelas.....	X
1. Introdução geral.....	12
2. Capacidade de combinação de genitores de batata para caracteres de aparência e rendimento de tubérculos.....	18
Introdução	20
Material e métodos	22
Resultados e discussão.....	24
Conclusões	28
Referências.....	29
3. Resposta esperada com a seleção para caracteres de rendimento, aparência de tubérculos e qualidade de fritura em três populações híbridas de batata.....	34
Introdução	37
Material e métodos	38
Resultados e discussão.....	41
Conclusões	45
Referências.....	46
4. Parâmetros genéticos associados a caracteres de aparência e rendimento de tubérculos de batata em gerações iniciais de seleção	52
Introdução	54
Material e métodos	54
Resultados e discussão.....	56
Conclusões	60
Referências.....	61
5. Associação entre caracteres de aparência e rendimento de tubérculos em gerações iniciais de batata	67
Introdução	69
Material e métodos	70
Resultados e discussão.....	72
Conclusões	74
Referências.....	75
6. Estimativas de ganhos genéticos por diferentes índices de seleção em três populações híbridas de batata	81
Introdução	83
Material e métodos	84
Resultados e discussão.....	88
Conclusões	91
Referências.....	91
7. Considerações finais.....	97
Referências item 1.....	99

1. INTRODUÇÃO GERAL

A batata (*Solanum tuberosum* L.) é a hortaliça de maior importância econômica no Brasil e ocupa a quarta posição entre as principais culturas produzidas mundialmente, superada apenas por trigo, arroz e milho (FAO, 2012). Considerando apenas as culturas destinadas a alimentação humana, a batata está na terceira posição, tendo ultrapassado o cereal milho, por boa parte deste ser destinada para a produção de etanol (AGRANUAL, 2012).

Na tentativa de alcançar as metas estabelecidas pela ONU para reduzir a fome no mundo até 2015, a FAO declarou 2008 como o ano internacional da batata. A tentativa pretendeu estimular a produção, o consumo e chamar a atenção da comunidade científica e da população mundial da importância que este alimento apresenta para humanidade. A produção mundial de batata em 2008 foi de aproximadamente 325 milhões de toneladas em uma área colhida equivalente a 19 milhões de hectares. O Brasil produz apenas 1% do total mundial, o que corresponde a cerca de 3,4 milhões de toneladas, e 18% da área cultivada, que é de aproximadamente 150 mil hectares (AGRANUAL, 2012).

Além da grande importância econômica, a batata é um dos alimentos mais completos nutricionalmente. Cerca de 100g de batata são suficientes para suprir pelo menos 10% das necessidades nutricionais recomendadas 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, 2000).

A maior parte da produção nacional é para o mercado fresco, onde a aparência de tubérculo é de fundamental importância. Apenas 10% da produção é destinada ao processamento industrial, nas formas de pré-frita congelada, “chips” e batata palha. Comparado aos dois terços da produção destinados ao processamento nos países do Nordeste da Europa, o uso industrial é muito baixo no Brasil (RAMOS et al., 2013). O consumidor brasileiro prefere tubérculos de película lisa e brilhante. Entretanto, o produto ofertado no mercado fresco, em geral, não atende as exigências do consumidor em relação às características de qualidade para a elaboração de batata frita à francesa, que é a forma mais popular de utilização (MELO, 1999).

A cultura da batata se caracteriza no Brasil pela grande dependência de cultivares estrangeiras, que apesar de apresentarem excelente características de mercado quanto à aparência de tubérculo, têm problemas de adaptação às condições de produção, que resultam em instabilidade de produção devido a pragas e doenças, além de perda de qualidade. Para atingir altos níveis de rendimento, é necessária a utilização intensa de insumos, tais como fertilizantes, fungicidas e inseticidas (NEVES et al., 2003). Cultivares nacionais, por estarem mais bem adaptadas às condições ecológicas e tecnológicas de cultivo, apresentam maior facilidade de manejo e menor custo de produção para um mesmo nível de produtividade (PEREIRA et al., 2007).

O melhoramento genético da batata na região Sul foi iniciado em 1942, na Estação Experimental de Horticultura, no município de Rio Grande. Este programa contribuiu para o desenvolvimento de diversas cultivares. Em 1946, o Instituto Agrônomo do Sul, atualmente Embrapa Clima Temperado, Pelotas-RS, iniciou um programa de melhoramento que liberou, até o momento, quatorze cultivares. Destas, a cultivar Baronesa, liberada em 1955, foi a que atingiu maior expressão, devido ao alto potencial produtivo, sob ampla variação de condições ambientais. Atualmente o seu cultivo restringe-se a pequenos nichos de produção da agricultura familiar. A cultivar Macaca é muito cultivada pela agricultura familiar, distribuída em todas as regiões do Estado (PEREIRA; DANIELS, 2003).

Atualmente há uma tendência à homogeneização de consumo de alguns produtos, como a comida rápida, para a qual a batata é um dos produtos mais aptos. Nos últimos 30 a 40 anos, a industrialização de batata vem aumentando em todas as partes do mundo, principalmente com os produtos 'chips' e batata pré-frita congelada pela facilidade e rapidez no preparo final (ANDREU, 2006). Porém no Brasil quase toda batata é usada para mesa. O uso da batata produzida no Brasil para processamento é pequeno devido ao reduzido número de cultivares adequadas à industrialização, agravado por sua pouca adaptação ao cultivo no País.

O mercado de batata no Brasil prioriza cultivares de duplo propósito, ou seja, cultivares com qualidade suficiente para atender tanto ao mercado fresco como de processamento (MELO et al., 2006). O mercado fresco exige cultivares que produzam tubérculos de boa aparência, preferencialmente de película com

textura lisa e gemas rasas, e que sejam também aptas à elaboração de palitos fritos de qualidade. Em países desenvolvidos, a pesquisa para características de industrialização está bem avançada, entretanto outros fatores como a aparência de película ainda carecem de atenção pelos melhoristas, para adequar novos materiais ao mercado brasileiro.

O desenvolvimento de cultivares de batata envolve alguns processos básicos: seleção de genitores para compor o bloco de cruzamentos; realização de cruzamentos; e, posteriormente, seleção das melhores constituições genéticas.

A escolha de genitores é uma etapa importante em programas de melhoramento. Esta escolha deve ser efetuada de acordo com os objetivos de cada programa, sendo necessário conhecer algumas de suas características, tais como capacidade de transferência de caracteres de interesse e a habilidade ou capacidade de cruzamento. Além disso, é interessante que os genitores sejam geneticamente distantes, possibilitando o aumento da heterose, que poderá ser mantida pela propagação clonal (TAI; YONG, 1984; BISOGNIN; DOUCHES, 2002).

Pelo uso do método dialélico é possível a determinação de estimativas de parâmetros importantes para a seleção de genitores e dos efeitos genéticos envolvidos no controle dos caracteres estudados (CRUZ; REGAZZI, 2001). Os valores dos genótipos e suas habilidades de produzir boas combinações podem ser preditos em gerações precoces de seleção, podendo a estimativa destes valores ser incorporado como prática em programas de melhoramento de batata (BROW; DALE, 1998).

Após a seleção dos genitores, se faz hibridações e a seleção das melhores constituições genéticas produzidas (SILVA, 2006). Dos cruzamentos, são obtidas as sementes botânicas (sexuais), as quais dão origem a plântulas que produzem tubérculos, que são cultivados em gerações sucessivas no campo (gerações clonais) sendo selecionados os clones mais promissores.

O método de melhoramento da batata mais empregado é o da seleção clonal, que consiste no cruzamento de duas cultivares ou clones elite, altamente heterozigóticos, que geram uma população bastante segregante, a partir da qual se selecionam os clones superiores (PINTO, 1999). Esse método tradicional de melhoramento consiste na manipulação de grandes populações clonais oriundas

de cruzamentos. Entretanto, é baixa a frequência de indivíduos com características agronômicas superiores (BUSO et al, 1999).

Buscar melhorias no sistema de um programa de melhoramento de plantas é de grande importância. Para planejar eficientes estratégias de seleção em programas de melhoramento, é necessário se dispor de informações de genética quantitativa em relação às populações a serem utilizadas. É preciso informação sobre a extensão da variância genética, herdabilidade, interação genótipo ambiente, correlação entre caracteres, e predição de resposta de seleção (NGUYEN; SLEPER, 1983; TAI, 1986).

Nas gerações iniciais é comum aplicar a seleção para clones individuais, mas a eficiência é limitada principalmente quanto a caracteres de baixa herdabilidade, como produção de tubérculos e seus componentes. Além disso, nas primeiras gerações (geração de plântulas e primeira geração de campo) o ganho genético é limitado por muitas dificuldades tais como: o alto número de indivíduos; a seleção visual; e o reduzido número de tubérculos por genótipo, que restringem o tamanho da parcela e o número de repetições (MELO et al., 2011).

Nas gerações de plântula e primeira geração de campo a seleção de famílias é uma alternativa muito interessante quando a seleção é praticada com base em caracteres de baixa herdabilidade individual (SIMMONDS, 1996), pois ao contrário dos clones, as famílias permitem avaliação em experimentos com repetição em mais um local ou safra, que melhora a estimativa das médias das famílias e auxilia na identificação das famílias mais estáveis.

Tradicionalmente, os programas de melhoramento de batata não aplicam seleção na geração de plântulas, iniciando a partir da primeira geração de campo (PEREIRA; DANIELS, 2003). No entanto, a seleção nessa geração pode aumentar a eficiência e a versatilidade do programa de melhoramento, aumentando a qualidade da população que é levada às gerações de campo pela eliminação de genótipos inferiores (MARIS, 1988). Para alguns autores a fase de plântula deveria servir apenas para produção de tubérculos para o plantio da geração seguinte no campo (ANDERSON; HOWARD, 1981; BROWN, 1988).

No entanto, outros autores consideram que a seleção para alguns caracteres na fase de plântula pode economizar recursos consideráveis em um programa de melhoramento diminuindo o tamanho da população na geração

seguinte e aumentando a frequência de genótipos com melhores características nas fases posteriores de seleção (BISOGNIN; DOUCHES, 2002; LOVE et al., 1997; NEELE; LOUWES, 1989; SWIEZYNSKI, 1978; XIONG et al., 2002). Tudo isso sem aumentar os custos de insumos, área de plantio e mão de obra na próxima geração (1ª geração clonal), porém aumentando assim a probabilidade de selecionar clones superiores. Como exemplo da utilização da seleção em geração de plântula, no programa de melhoramento do Departamento de Agricultura dos Estados Unidos (USDA). Pelo interesse em cultivares de película extremamente áspera e pela facilidade de seleção para esta característica, na geração de plântula são separados os genótipos com tubérculos de película áspera dos tubérculos de película lisa, dando ênfase ao plantio destes genótipos nas gerações de campo (Comunicação Pessoal: Rich Novy).

A seleção indireta através de caracteres correlacionados, nas gerações iniciais de seleção, pode permitir que caracteres complexos, governados por vários genes e com grande ação do ambiente, possam ser melhorados através da seleção de caracteres menos complexos ou de mais fácil medição, com maior herdabilidade e correlações elevadas (CRUZ; REGAZZI, 2001). Assim, caracteres complexos de batata poderiam ser selecionados através da seleção de seus componentes.

O uso de índices de seleção seria uma alternativa à seleção baseada em um ou em poucos caracteres, com a seleção simultânea de um conjunto de caracteres de expressividade econômica, o que pode aumentar o êxito do programa de melhoramento (CRUZ; CARNEIRO, 2006).

Diante do exposto, se faz necessário a realização de estudos sobre a escolha de genitores e estratégias de seleção, visando obter informações para aumentar a eficiência e eficácia de programas de melhoramento de batata.

O objetivo geral desta tese foi contribuir para melhoria na escolha de genitores e estratégias de seleção na obtenção de cultivares de batata para caracteres de aparência, rendimento e qualidade de processamento, com os seguintes objetivos específicos: (1) estimar as capacidades de combinação de genótipos em gerações iniciais de seleção; (2) estimar as respostas com a seleção para caracteres de aparência de tubérculos, rendimento e qualidade de fritura e a associação entre estes caracteres (3) estimar parâmetros genéticos e padrões de segregação de caracteres de aparência de tubérculos e rendimento,

avaliados nas primeiras gerações de seleção; (4) estimar correlações genéticas entre caracteres componentes de aparência de tubérculos e rendimento entre as gerações iniciais de seleção (5) analisar critérios de seleção na identificação de genótipos superiores de batata.

2. CAPACIDADE DE COMBINAÇÃO DE GENITORES DE BATATA PARA CARACTERES DE APARÊNCIA E RENDIMENTO DE TUBÉRCULOS

Capacidade de combinação de genitores de batata para caracteres de aparência e rendimento de tubérculos

Revista Horticultura Brasileira (ISSN: 0102-0536)

RESUMO

O objetivo deste trabalho foi estimar as capacidades de combinação entre dois grupos de genitores de batata em gerações iniciais de seleção. Os experimentos foram realizados no campo experimental da Embrapa em Pelotas. Foram avaliadas 12 famílias de batata, originadas de cruzamentos entre os dois grupos de genitores (estrangeiros: Pukara, Asterix, Rioja e Caesar; nacionais: Eliza, C1750-15-95 e C1730-7-94), em um dialelo parcial 4x3. Foram realizados dois experimentos, cada um com uma geração de plântula e primeira geração de campo. O delineamento experimental foi em blocos ao acaso com três repetições. Cada parcela foi composta por uma amostra de 25 genótipos de uma família. As famílias foram avaliadas para caracteres de aparência e rendimento de tubérculos. Os dados foram submetidos às análises de variância e dialélica parcial. Verificou-se que há predominância de efeitos aditivos dos genes para os caracteres uniformidade de formato, apontamento, curvatura, aparência geral de tubérculos, uniformidade de tamanho, número de tubérculos, massa total e massa média de tubérculos. Em relação à capacidade geral de combinação, para o conjunto dos caracteres de aparência, os genitores estrangeiros 'Pukara' e 'Asterix' e nacional 'Eliza' contribuíram para a geração de famílias com complementação alélica favorável. Para os caracteres de rendimento, destacaram-se o genitor estrangeiro 'Rioja' e nacional 'Eliza'. Quanto à capacidade específica de combinação, o cruzamento 'Pukara'/'Eliza' mostrou maior potencial para o desenvolvimento de genótipos superiores para caracteres de aparência e número de tubérculos.

Palavras-chave: *Solanum tuberosum* L., capacidade geral de combinação, capacidade específica de combinação, geração iniciais, dialelo parcial.

ABSTRACT

Combining ability of potato parents for tuber appearance and tuber yield traits

The objective of this work was to estimate the combining ability between two groups of potato genitors in early generation of selection. The experiments were conducted in the experimental field of Embrapa in Pelotas. Twelve potato families derived from two groups of parents (foreigners: Pukara, Asterix, Rioja, and Caesar; nationals: Eliza, C1750-15-95, and C1730-7-94) crossed in a 4x3 partial diallel design were evaluated. Families were evaluated in two trials, each with a seedling generation and first field generation. A randomized complete block design with three replications was used. Each plot consisted of a sample of 25 genotypes from each family. Families were evaluated for tuber appearance and yield traits. Data were submitted to variance analysis and partial diallel analysis. It was found that there is predominance of additive effects of genes for shape uniformity, tuber pointing, curvature, general appearance, size uniformity, tuber number, total yield, and average tuber weight. Regarding to general combining ability, for all tuber appearance traits, the foreign parents 'Pukara' and 'Asterix', and the national parent 'Eliza' contributed to the generation of families with allelic complementation favorable. For yield traits, the foreign parent 'Rioja' and the national parent 'Eliza' were outstanding. Regarding the specific combining ability, the 'Pukara'/'Eliza' cross showed the highest potential for the development of superior genotypes for tuber appearance and tuber number.

Key words: *Solanum tuberosum* L., general combining ability, specific combining ability, early generations, partial diallel.

INTRODUÇÃO

No melhoramento de plantas é importante a obtenção de populações segregantes que associem média alta com maior variância possível. A escolha da população para início de um programa de melhoramento é uma etapa crucial. O sucesso depende de escolher populações que tenham potencial de gerar genótipos superiores. Para seleção de genitores, uma das metodologias mais eficientes e comumente

utilizadas em programas de melhoramento genético são os cruzamentos dialélicos que, além de permitir identificar as populações mais promissoras, possibilitam obter informações a respeito do controle genético dos caracteres (Cruz *et al.*, 2004).

Em batata, a herança tetrassômica, clones altamente heterozigóticos e a propagação vegetativa dificultam o trabalho de melhoristas, pois algumas técnicas genética-biométricas não são aplicáveis a indivíduos autotetraploides. A teoria genético-biométrica pressupõe que a herança seja dissômica e a população das quais os pais serão amostrados, esteja em equilíbrio panmítico ou consista de linhagens endogâmicas (Barbosa & Pinto, 1998).

Pelo uso do método dialélico é possível estimar parâmetros importantes para a seleção de genitores e obter informações sobre os efeitos genéticos envolvidos no controle dos caracteres. Na metodologia de análise dialélica proposta por Griffing (1956), o desempenho médio de cada genótipo é decomposto em capacidade geral de combinação (efeitos principais) e a capacidade específica de combinação (interações). A capacidade geral de combinação (CGC) diz respeito ao comportamento médio de um progenitor em uma série de combinações híbridas e está associada aos efeitos aditivos dos alelos, e às ações epistáticas do tipo aditiva, enquanto, a capacidade específica de combinação (CEC) refere-se aos desvios do comportamento de um híbrido em relação ao esperado com base na CGC, estando associada aos efeitos dos desvios de dominância e epistasia, envolvendo dominância (Cruz & Regazzi, 2001; Ramalho *et al.*, 2012).

Em batata, diversos estudos têm sido relatados utilizando a análise dialélica para estimar as capacidades combinatórias de genitores (Barbosa & Pinto, 1998; Galarreta *et al.*, 2006; Silva *et al.*, 2008; Silva *et al.*, 2013). Em uma ampla revisão, Bradshaw & Mackay (1994) relataram que os valores de CGC e CEC têm influenciado, em proporções variadas, todos os caracteres de importância econômica em batata. Neele *et al.* (1991) sugeriram que a CEC tende a ser mais importante que a CGC em cruzamentos com pais relacionados devido ao número de alelos diferentes ser possivelmente mais limitado, consequentemente, a variação em ação aditiva de genes é também limitada, ao passo que ação não aditiva de genes, como epistasia, pode resultar em uma relativamente grande variação entre progênies. Portanto, os efeitos de CEC serem possivelmente mais importantes que CGC.

O objetivo deste trabalho foi estimar as capacidades de combinação entre dois grupos de genitores, estrangeiros e nacionais, de batata em gerações iniciais de seleção.

MATERIAL E MÉTODOS

Os experimentos foram realizados no campo experimental da Embrapa Clima Temperado em Pelotas, RS (latitude 31°40'18" Sul, longitude 52°26'15" Oeste, 60 m acima do nível do mar). O solo é classificado como do tipo Podzólico Vermelho-Amarelo, sendo fertilizado nas áreas de plantio seguindo as recomendações para plantio comercial na região. Foram avaliadas 12 famílias de batata, originadas de cruzamentos entre dois grupos de genitores de batata, escolhidos aleatoriamente, em modelo de dialelo parcial 4x3, conforme o modelo do "experimento 2" de Comstock & Robinson (1948). Este modelo envolve a avaliação de genitores dispostos em dois grupos, pertencentes, ou não, a um conjunto comum (Cruz *et al.*, 2004). O grupo 1 (cultivares estrangeiras) foi formado pelos genitores 'Pukara' (Chile), 'Asterix' (Holanda), 'Rioja' (Hungria) e 'Ceasar' (Reino Unido); e, o grupo 2 (cultivar/clones nacionais) pelos genitores 'Eliza', 'C1750-15-95' e 'C1730-7-94'. As combinações proporcionaram a formação de 12 famílias para avaliação.

Foram realizados dois experimentos, cada um com uma geração de plântula e primeira geração de campo. Nas safras de outono de 2010 e 2012 foram produzidas as gerações de plântula, em casa-de-vegetação. As sementes botânicas foram germinadas em sementeiras e as plântulas transplantadas para sacos plásticos contendo dois litros de substrato comercial, para produção de minitubérculos. As plântulas foram distribuídas em blocos ao acaso com três repetições. Cada parcela foi composta por uma amostra de 25 plântulas, tomadas aleatoriamente no momento do transplante, para representar o cruzamento. O espaçamento entre plantas e entre linhas foi de 0,10 m. As plântulas foram mantidas nessas condições até o momento da colheita, aos 80 dias. Os tubérculos foram identificados e transportados para instalações apropriadas, para serem efetuadas as avaliações. Após as avaliações os tubérculos foram armazenados em câmara fria, a 4°C.

Nas safras de outono de 2011 e 2013 foi produzida a primeira geração de campo correspondente a cada geração de plântula, sendo que no outono de 2011 utilizou-se os

tubérculos armazenados de 2010 e na safra de outono de 2013 os tubérculos de 2012. Três tubérculos de tamanho médio de cada genótipo foram plantados a campo em espaçamento 0,30m x 0,80m, formando a unidade experimental, e utilizando-se os mesmos delineamentos experimentais da safra anterior. Os tratos culturais e fitossanitários foram similares aos realizados em plantios comerciais da região. As parcelas foram colhidas e logo após foi realizada as avaliações dos tubérculos.

Para avaliação dos caracteres componentes de aparência de tubérculos utilizou-se uma escalas de notas com nove pontos de classificação dos tubérculos, atribuindo valores entre um (1) e nove (9), conforme elucidado a seguir: textura de película (1- áspera, 9- lisa), profundidade das gemas (1- profunda, 9- superficial), saliência de sobrelha (1- saliente, 9- superficial), formato de tubérculo (1- arredondado, 9- alongado), uniformidade de formato de tubérculo (1- desuniforme, 9- uniforme), apontamento de tubérculo (1- apontado, 9- não apontado), curvatura de tubérculo (1- curvado, 9- não curvado), achatamento de tubérculo (1- achatado, 9- não achatado), tamanho de tubérculo (1- pequeno, 9- grande), uniformidade de tamanho de tubérculo (1- desuniforme, 9- uniforme) e aparência geral de tubérculo (1- ruim, 9- ótima). Foram considerados tubérculos de boa aparência aqueles que apresentaram conjuntamente, película lisa, gemas pouco profundas, sobrelha superficial, formato uniforme, não apontados, não curvados, não achatados e com tamanho uniforme. Os caracteres de rendimento de tubérculos avaliados foram: número de tubérculos por planta, massa total de tubérculos por planta (g.planta^{-1}) e massa média de tubérculos (g).

Os dados foram verificados quanto à normalidade de distribuição dos erros (Lilliefors) (Campos, 1983). Posteriormente, foram submetidos à análise de variância conjunta entre os anos de experimentos e gerações, e análise dialélica parcial, para obtenção da capacidade geral de combinação (CGC) e capacidade específica de combinação (CEC), utilizando o programa computacional Genes (Cruz, 2006). Estimou-se os coeficientes de determinação (R^2) através da contribuição em termos percentuais das somas dos quadrados médios, em relação à variação entre famílias.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Ao verificar a normalidade dos dados, no experimento de 2012 e 2013, os caracteres profundidade da gema e achatamento de tubérculo não apresentaram distribuição normal de erros mesmo após transformação e, sendo assim, foram desconsiderados das análises estatísticas. Na tabela 1 estão apresentados os quadrados médios da análise dialélica conjunta dos dois experimentos, bem como os coeficientes de determinação (R^2) da capacidade geral (CGC) e específica de combinação (CEC) para todos os caracteres estudados. A análise de variância revelou diferenças significativas ($p < 0,05$) entre famílias para os caracteres textura de película, formato e número de tubérculos. Ainda, a interação entre famílias e ano foi significativo para estes mesmos caracteres e para os caracteres apontamento, curvatura, aparência geral, uniformidade de tamanho, massa total e massa média de tubérculos.

Na tabela 1 também é mostrada a contribuição em termos percentuais das causas de variação devido à CGC do grupo 1 (CGC I), CGC do grupo 2 (CGC II) e CEC em relação à soma de quadrados de cruzamentos através das estimativas dos coeficientes de determinação (R^2). Constatou-se, baseado nas contribuições relativas, a superioridade de efeitos da CGC (I+II) em relação à CEC, para os caracteres uniformidade de formato, apontamento, curvatura, aparência geral, uniformidade de tamanho, número, massa total e massa média de tubérculos, indicando predominância de efeitos aditivos dos genes no controle destes caracteres. Isto implica que o valor médio dos genitores pode ser uma boa alternativa para prever o desempenho da progênie (Bradshaw & Mackay, 1994).

Quanto aos caracteres formato de tubérculos, apontamento e tamanho de tubérculo foi verificado maior efeito da CEC. A importância relativa da CGC e CEC depende da constituição genética dos genitores envolvidos nos cruzamentos, do caráter avaliado, do delineamento experimental utilizado e das condições ambientais (Manivel *et al.*, 2010). Os valores de CGC e CEC estimados por diversos autores têm influenciado, em proporções variadas, todos os caracteres de importância econômica em batata (Bradshaw & Mackay, 1994).

Nota-se também, que para os caracteres textura de película, formato, tamanho,

uniformidade de tamanho, número de tubérculos, massa e massa média de tubérculos, a contribuição relativa da CGC dos genitores nacionais (CGC II) foi inferior à dos genitores estrangeiras (CGC I), indicando que para estes caracteres, estas cultivares tiveram maior importância na performance dos híbridos obtidos em cruzamentos com as cultivares nacionais (Tabela 1). Em contraste, para os caracteres saliência de sobrançelha, uniformidade de formato, curvatura e aparência geral de tubérculos, a contribuição relativa das cultivares nacionais foi superior às estrangeiras.

A superioridade de CGC encontrada neste estudo para os caracteres de rendimento concorda com relatos de alguns autores (Ortiz & Golmirzaie, 2004; Silva *et al.*, 2013) e difere de outros (Barbosa & Pinto, 1998; Gopal, 1998; Galarreta *et al.*, 2006), que verificaram a predominância de significância de CEC em relação à CGC. A predominância de CEC para número de tubérculos e maior CGC para massa média de tubérculos foi reportada por Tai & De Jong (1991), o qual concluiu que o número de tubérculos resulta de uma seleção direcional contínua, enquanto massa média de tubérculos resulta de uma estabilização na seleção. Silva *et al.* (2009) também observaram semelhança de significância de CEC e CGC para caracteres de rendimento de tubérculos.

Quanto ao caráter saliência da sobrançelha, houve diferença apenas entre os genitores do grupo 2, 'C1730-7-94' apresentou o maior valor positivo, contribuindo para menor proeminência de sobrançelha, enquanto 'Eliza' contribuiu para sobrançelha mais proeminentes.

Em referência ao caráter formato de tubérculos, as estimativas do grupo 1 apresentaram diferenças significativas. 'Asterix' apresentou o maior valor positivo, favorecendo a geração de famílias com tubérculos mais alongados, resultado também encontrado por Silva *et al.* (2013) para esta cultivar, evidenciando efeitos aditivos dos genes, por esta cultivar apresentar tubérculos de formato alongado. Por outro lado, 'Caesar' apresentou o maior valor negativo, ou seja, com tubérculos mais arredondados.

Em relação ao caráter uniformidade de formato de tubérculos, 'C1730-7-94' foi o melhor genitor do grupo 2, contribuindo para tubérculos com formato mais uniforme, enquanto 'Eliza' contribuiu para tubérculos mais desuniformes, com maior valor negativo.

Quanto ao caráter apontamento de tubérculo, para o grupo 1, 'Pukara' mostrou-

se o melhor genitor, enquanto 'Asterix', 'Rioja' e 'Caesar' apresentaram valores negativos, contribuindo para geração de famílias de tubérculos mais apontados.

Para o caráter tamanho de tubérculos, 'Caesar' se destacou por contribuir com tubérculos de maior tamanho, enquanto 'Asterix' contribuiu para tubérculos de menor tamanho quando cruzado com genótipos do grupo 2. Silva *et al.* (2013) verificaram em estudo de capacidade de combinação, que a cultivar 'Asterix' contribuiu para maior número de tubérculos, entretanto, contribui para menor tamanho de tubérculos.

As estimativas de CGC dos quatro anos de experimento, correspondendo às gerações de plântula de 2010 e 2012 e suas respectivas gerações de campo de 2011 e 2013, estão apresentadas na tabela 3. Para o caráter textura de película, as estimativas foram significativas para ambos os grupos de genitores na geração de plântula de 2010, para o grupo 2 na geração campo de 2011 e grupo 1 na geração de plântula de 2012. Em ambas gerações de plântula, 'Pukara' apresentou os maiores valores positivos, contribuindo para textura mais lisa, ao contrário da cultivar 'Rioja', não sendo recomendada para cruzamentos em que se busque populações de película lisa. Em relação aos genitores do grupo 2, 'Eliza' foi a que mais contribuiu para textura lisa na geração de plântula de 2010 e na geração de campo em 2011, ao contrário 'C1730-7-94' e 'C1750-15-95' apresentaram valores negativos, contribuindo para textura mais áspera.

Para o caráter curvatura de tubérculo, 'C1750-15-95', do grupo 2, contribuiu para famílias com tubérculos menos curvados na geração de plântula de 2010. Por outro lado nesta geração, 'C1730-7-94' apresentou a maior estimativa negativa, contribuindo para famílias com maior incidência de tubérculos curvados. Em relação aos genitores do grupo 1, na geração de campo de 2013 e de plântula de 2013, o genitor 'Puraka' apresentou valor positivo em relação aos demais, que não apresentaram comportamento estável em ambas as gerações.

Quanto ao caráter aparência geral de tubérculo, fundamental para aceitação de uma cultivar para o mercado *in natura* (Silva *et al.*, 2008), as estimativas de CGC para os genitores do grupo 1 foram significativas nas duas gerações de plântula, nas quais os genitores 'Pukara' e 'Asterix' apresentaram valores positivos em ambas gerações. Assim estes genitores seriam indicados para utilizar em cruzamentos visando produzir famílias com melhor aparência de tubérculo. 'Caesar' apresentou valor positivo no ano de 2010 e o maior valor negativo 2012 para este caráter, portanto, este genitor não foi estável. O

oposto foi observado para 'Rioja', que teve estimativa negativa no primeiro ano e positiva no ano de 2012. Com referência aos genitores do grupo 2, 'Eliza' apresentou valores positivos na geração de plântula de 2010 e na geração de campo de 2011, sendo assim o genitor mais indicado para a obtenção de famílias com boa aparência geral de tubérculos.

Para o caráter uniformidade de tamanho dos tubérculos, os genitores 'Pukara' e 'Asterix' apresentaram as maiores CGC na geração de plântula de 2012, contribuindo para famílias de plantas com tubérculos de tamanho mais uniforme. Em relação aos genitores do grupo 2, na geração de campo de 2013 'C1750-15-95' apresentou a maior estimativa de CGC para este caráter.

No conjunto de caracteres componentes de aparência de tubérculos, quanto à CGC, pode-se verificar a superioridade dos genitores 'Pukara' e 'Asterix' do grupo 1, por apresentarem os maiores valores positivos, contribuindo com genes de efeitos aditivos. Entre os genitores do grupo 2, 'Eliza' se destacou por apresentar mais valores positivos para os caracteres de aparência de tubérculo. Em relação ao conjunto dos caracteres componentes de rendimento de tubérculos, no grupo 1 'Rioja' foi superior as demais, contribuindo para maior rendimento. No grupo 2, 'Eliza' contribuiu para um maior rendimento por apresentar os maiores valores de CGC, semelhante ao encontrado por Silva *et al.* (2009).

Para o caráter textura da película, considerando os resultados mais estáveis entre as quatro avaliações, o cruzamento 'Caesar'/'C1730-7-94' apresentou os maiores valores positivos, o que contribui para uma película mais lisa. Por outro lado, o cruzamento 'Pukara'/'C1730-7-94' favoreceu à produção de população com tubérculos de película áspera.

Para o caráter formato de tubérculo, em todos os anos, o cruzamento 'Caesar'/'C1730-7-94' proporcionou as maiores estimativas positivas de CEC, favorecendo à formação de tubérculos mais alongados. Por outro lado, o cruzamento 'Caesar/Eliza' foi o mais favorável para tubérculos arredondados.

As estimativas de CEC para o caráter aparência geral de tubérculos foram significativas na geração de plântula de 2012 e geração de campo de 2013. No entanto, os cruzamentos não foram estáveis, apresentando valores diferentes nestas duas gerações. Na geração de plântula, destacou-se o cruzamento 'Caesar'/'C1730-7-94',

contribuindo para melhor aparência geral de tubérculos, enquanto o cruzamento 'Caesar/Eliza' favoreceu para pior aparência. Na geração de campo de 2013, o cruzamento superior foi 'Rioja'/'C1750-15-95', favorecendo melhor aparência, enquanto os cruzamentos 'Rioja'/'C1730-7-94' e 'Caesar'/'C1730-7-94' apresentaram as maiores estimativas negativas.

Em relação aos caracteres componentes de rendimento, apenas para o caráter número de tubérculos as estimativas de CEC foram significativas, da mesma forma que a CGC para este caráter. Outros autores também verificaram significância de ambas capacidades de combinação, para número de tubérculos (Barbosa & Pinto, 1998; Silva *et al.*, 2013), porém encontraram estimativas significativas para os outros caracteres componentes de rendimento, como massa média e massa de tubérculos. Os cruzamentos 'Pukara/Eliza' e 'Caesar'/'C1730-7-94' apresentaram estimativas de CEC positivas em todas as gerações, contribuindo para maior número de tubérculos. O cruzamento 'Pukara'/'Eliza' pode ser sugerido, visando maior número de tubérculos, uma vez que ambos os genitores apresentaram estimativas de CGC positivas.

CONCLUSÕES

Há predominância de efeitos aditivos dos genes para os caracteres uniformidade de formato, apontamento, curvatura, aparência geral, uniformidade de tamanho, número, massa total e massa média de tubérculos.

No conjunto dos caracteres componentes de aparência, os genitores estrangeiros 'Pukara' e 'Asterix', e o genitor nacional 'Eliza' contribuem para a geração de famílias com complementação alélica favorável. Para os caracteres componentes de rendimento, destacam-se o genitor estrangeiro 'Rioja' e nacional 'Eliza'.

Quanto à capacidade específica de combinação, o cruzamento Pukara/Eliza possui o maior potencial para o desenvolvimento de genótipos superiores para caracteres de aparência e número de tubérculos.

REFERÊNCIAS

- Barbosa MHP, Pinto CAB. 1998. Análise dialélica parcial entre cultivares de batata nacional e introduzidas. *Pesquisa Agropecuária Brasileira* 33: 307-320.
- Bradshaw JE, Mackay GR. 1994. Breeding strategies for clonally propagated potatoes. In: Bradshaw JE, Mackay GR (Eds.). *Potato genetics*. CAB International, 467-497.
- Campos H. 1983. Estatística experimental não-paramétrica. 4. ed. Piracicaba: FEALQ. 349p.
- Comstock RE, Robinson HF. 1948. The components of genetic variance in populations. *Biometrics* 4: 254-266.
- Cruz CD, Regazzi AJ. 2001. *Modelos biométricos aplicados ao melhoramento genético*. Viçosa: UFV. 390 p.
- Cruz CD, Regazzi AJ, Carneiro PC. 2004. *Métodos biométricos aplicados ao melhoramento genético*. Viçosa: UFV. 480 p.
- Cruz CD. 2006. *Programa Genes: Biometria*. Viçosa: UFV. 382 p.
- Galarreta JIR, Ezpeleta B, Pascualena J, Ritter E. 2006. Combining ability and correlations for yield components in early generations of potato breeding. *Plant Breeding* 125: 183-186.
- Gopal J. 1998. Identification of superior parents and crosses in potato breeding programmes. *Theoretical and Applied Genetics* 96: 287-293.
- Griffing B. 1956. Concept of general and specific combining ability in relation to diallel crossing systems. *Australian Journal of Biological Sciences* 9: 463-493.
- Manivel P, Pandel SK, Singh SV, Kumar D. 2010. Heterosis and combining ability for tuber dry matter and yield in potato (*Solanum tuberosum* L.) over two clonal generations under short-day sub-tropic conditions. *Electronic Journal of Plant Breeding* 1: 287-296.
- Neele AEF, Nab HJ, Louwes KM. 1991. Identification of superior parents in a potato breeding programme. *Theoretical and Applied Genetics* 82: 185-197.
- Ortiz R, Golmirzaie AM. 2004. Combining ability analysis and correlation between breeding values in true potato seed. *Plant Breeding* 123: 564-567.
- Ramalho MAP, Santos JB, Abreu AFB, Nunes JAR. 2012. *Aplicações da genética quantitativa no melhoramento de plantas autógamas*. Lavras: UFLA. 522 p.
- Silva GO, Pereira AS, Souza VQ, Carvalho FIF, Vieira EA. 2008. Capacidade de combinação multivariada para caracteres de tubérculo em gerações iniciais de seleção de batata. *Ciência Rural* 38: 321-325.
- Silva GO, Pereira AS, Souza VQ, Carvalho FIF, Fritsche Neto R. 2009. Estimativa de capacidades de combinação em gerações iniciais de seleção de batata. *Horticultura Brasileira* 27: 275-279.
- Silva GO, Ney VG, Terres LR, Pereira AS, Suinaga FA. 2013. Capacidade de combinação de genitores de batata para caracteres de aparência e rendimento de tubérculos. *Revista Ceres* 60: 489-497.
- Tai GCC, De Jong H. 1991. Evaluation of potato hybrids obtained from tetraploid-diploid crosses. *Plant Breeding* 107: 183-189.

Tabela 1. Resumo da análise de variância conjunta, com decomposição de efeitos dialélicos, para caracteres de aparência e rendimento de tubérculos de batata. Pelotas, 2014. (Summary of the analysis of variance with decomposition of diallel effects for tuber appearance and yield traits, in potatoes)

Fonte de variação	GL	Quadrado médio											
	PEL	SOB	FOR	UFO	APO	CUR	APA	TAM	UTA	NUM	MAS	MAM	
Ano (A)	3	8,85*	43,97*	8,72*	12,14*	10,18*	9,21*	42,65*	20,24*	8,47*	1401,3*	87987*	19777*
População (P)	11	3,04*	1,39	1,65*	0,68	1,18	0,86	0,26	0,92	0,78	11,87*	76858	64,01
CGC I	3	3,82	0,42	0,84*	0,58	1,71*	0,90	0,18	0,73*	1,76	24,50	75938	128,48
CGC II	2	2,25	1,56*	0,07	1,16*	2,21	1,9	0,55	0,27	0,39	17,36	79501	5,75
CEC	6	2,91	1,83	2,59*	0,57	0,58	0,5	0,19	1,23	0,42	3,50	9514	51,17
P x A	3	1,29*	0,71	0,70*	0,64	0,90*	0,82*	0,38*	0,79	0,81*	4,35*	76549*	75,11*
CGC I x A	9	1,36*	0,95	0,51*	0,45	1,39*	1,36*	0,41*	0,33	1,47*	7,02*	75330*	170,41*
CGC II x A	6	0,84*	0,88	0,33	1,22	1,06	1,22*	0,36*	1,51	0,50*	4,01*	77368*	60,41*
CEC x A	18	1,41*	0,53	0,93*	0,54	0,61	0,42	0,37*	0,79	0,56	3,14*	76885	32,34
Resíduo	88	0,35	0,58	0,31	0,58	0,49	0,50	0,11	0,52	0,49	0,91	43,95	27,11
R ² cgc I (%) ²		34,27	8,24	13,88	23,26	39,52	28,54	18,89	21,64	61,53	56,29	53,94	54,33
R ² cgc II (%)		13,45	20,40	0,51	31,01	34,05	40,17	38,46	8,00	0,92	26,59	38,81	2,07
R ² cgc I + II (%)		47,72	28,64	14,39	54,27	73,57	68,71	57,34	29,64	62,45	82,88	92,75	56,40
R ² cec (%)		52,22	71,81	85,61	45,73	26,83	31,29	39,86	70,36	37,55	17,12	7,25	43,60
Média geral		4,91	6,36	5,57	6,71	7,70	7,93	4,39	5,34	6,27	7,96	1067,1	31,34

¹PEL: Textura da película; SOB: Saliência da sobrelinha; FOR: Formato do tubérculo; UFO: Uniformidade de formato; APO: Apontamento do tubérculo; CUR: Curvatura do tubérculo; APA: Aparência geral de tubérculos; TAM: Tamanho de tubérculo; UTA: Uniformidade de tamanho dos tubérculos; NUM: Número de tubérculos; MAS: Massa de tubérculos; MAM: Massa média de tubérculos. ²Coefficiente de determinação. *Significativo a 5% de probabilidade do erro (¹PEL: Skin texture; SOB: Eyebrow salience; FOR: Tuber shape; UFO: Shape uniformity; APO: Pointing; CUR: Curvature; APA: General appearance of tubers; TAM: Tuber size; UTA: Size uniformity; NUM: Number of tubers; MAS: Tuber yield; MAM: average tuber mass. ²Coefficiente of determination. * Significant at 5% probability of error).

Tabela 2. Capacidade geral de combinação de genitores de batata para caracteres de aparência de tubérculos avaliados em quatro anos. Pelotas, 2014 (General combining ability of potato parents for tuber appearance traits evaluated in four years).

Genitor	Caráter				
	SOB	FOR	UFO	APO	TAM
Grupo 1					
Pukara	-0,15	0,05*	-0,17	0,32*	-0,07*
Asterix	0,02	0,19*	0,10	-0,08*	-0,16*
Rioja	0,01	-0,08*	0,09	-0,10*	0,09*
Caesar	0,13	-0,16*	-0,02	-0,14*	0,14*
Grupo 2					
C1730-7-94	0,16*	0,03	0,15*	0,06	0,08
C1750-15-95	0,03*	0,01	0,02*	0,17	-0,07
Eliza	-0,19*	-0,04	-0,16*	-0,23	0,01

¹ SOB: Saliência da sobancelha; FOR: Formato; UFO: Uniformidade de formato dos tubérculos; APO: Apontamento; TAM: Tamanho do tubérculo. *Significativo a 5% de probabilidade de probabilidade do erro (¹SOB: FOR: Tuber shape; UFO: Shape uniformity; APO: Pointing; TAM: Tuber size; ² Determination of coefficient. * Significant at 5% probability of error).

Tabela 3. Capacidade geral de combinação de genitores de batata para caracteres de aparência e rendimento de tubérculos em gerações iniciais. Pelotas, 2014 (General combining ability of potato parents for tuber appearance and tuber yield in early generations).

Genitor	Caráter						
	PEL	CUR	APA	UTA	NUM	MAS	MAM
Geração de plântula 2010							
Pukara	0,51*	0,03	0,16*	0,23	0,34*	3,58*	-0,01*
Asterix	0,25*	0,06	0,07*	0,23	0,23*	-1,27*	-0,94*
Rioja	-0,35*	-0,24	-0,36*	-0,23	-0,50*	-5,7*	-0,33*
Caesar	-0,41*	0,15	0,13*	-0,23	-0,07*	3,48*	1,28*
C1730-7-94	-0,26*	-0,24*	-0,11*	0,17	-0,22*	-0,74*	0,34
C1750-15-95	-0,22*	0,26*	-0,12*	-0,14	-0,30*	-3,08*	-0,11
Eliza	0,48*	-0,02*	0,23*	-0,03	0,52*	3,83*	-0,23
Primeira geração de campo 2011							
Pukara	-0,22	0,19	0,04	-0,20	0,64	-2872,76*	3,57*
Asterix	0,27	-0,03	0,03	0,13	0,34	-2920,04*	-1,02*
Rioja	-0,05	-0,25	-0,25	0,05	-1,17	8687,91*	-7,71*
Caesar	0,01	0,09	0,13	0,01	0,18	-2895,10*	5,16*
C1730-7-94	-0,31*	0,12	0,01*	-0,17	-0,26	-2963,51*	-3,51
C1750-15-95	-0,20*	-0,03	-0,30*	0,04	-0,37	-2920,25*	2,86
Eliza	0,52*	-0,09	0,30*	0,13	0,63	5883,76*	0,64
Geração de plântula 2012							
Pukara	0,77*	0,39*	0,08*	0,80*	0,99*	5,12*	-1,22
Asterix	0,57*	0,31*	0,18*	0,50*	-0,01*	-0,65*	0,14
Rioja	-0,78*	0,32*	0,04*	-0,63*	0,16*	1,91*	1,42
Caesar	-0,56*	-1,03*	-0,30*	-0,66*	-0,83*	-6,38*	-0,33
C1730-7-94	-0,04	0,05	-0,03	0,08	-0,17	-20,45	1,72*
C1750-15-95	-0,03	0,59	0,05	0,27	0,15	-40,16	0,22*
Eliza	0,08	-0,65	-0,02	-0,35	0,02	60,61	-1,95*
Primeira geração de campo 2013							
Pukara	0,30	0,14*	-0,20	-0,13	0,86*	-34,26	-5,70*
Asterix	0,26	-0,12*	-0,01	-0,05	2,32*	13,10	-4,85*
Rioja	-0,28	-0,11*	0,15	0,15	-1,47*	30,23	5,56*
Caesar	-0,27	0,08*	0,05	0,03	-1,71*	-9,07	4,72*
C1730-7-94	-0,15	0,02	-0,05	-0,01*	-0,87*	-20,45*	0,99
C1750-15-95	-0,09	-0,01	0,07	0,15*	-0,71*	-40,16*	-1,42
Eliza	0,24	-0,02	-0,02	-0,15*	1,59*	60,61*	0,42

¹PEL: Textura da película; CUR: Curvatura do tubérculo; APA: Aparência geral de tubérculos; UTA: Uniformidade de tamanho dos tubérculos; NUM: Número de tubérculos; MAS: Massa de tubérculos; MAM: Massa média de tubérculos. *Significativo a 5% de probabilidade do erro (PEL: Skin texture; CUR: Curvature; APA: General appearance of tubers; UTA: Size uniformity; NUM: Number of tubers; MAS: Tuber yield; MAM: average tuber weight. * Significant at 5% probability of error).

Tabela 4. Capacidade específica de combinação de genitores de batata para caracteres de aparência e rendimento avaliados em gerações iniciais de batata. Pelotas, 2014 (Specific combining ability of potato parents for tuber appearance and tuber yield traits in early generations of selection of potato).

Cruzamento	Geração	Caráter				
		PEL	SOB	FOR	APA	NUM
Pukara/C1730-7-94	Plântula 2010	-1,09*	0,38*	-0,64*	-0,07	-0,53*
Pukara/C1750-15-95		0,46*	-0,52*	0,56*	-0,10	0,13*
Pukara/Eliza		0,62*	0,14*	0,08*	0,18	0,40*
Asterix/C1730-7-94		0,98*	-0,51*	0,35*	0,39	0,20*
Asterix/C1750-15-95		-0,80	0,39*	-0,51*	-0,09	-0,24*
Asterix/Eliza		-0,18*	0,12*	0,16*	-0,29	0,04*
Rioja/C1730-7-94		-0,45*	-0,01*	-0,25*	-0,33	0,03*
Rioja/C1750-15-95		0,22*	-0,19*	-0,07*	0,13	0,16*
Rioja/Eliza		0,23*	0,20*	0,32*	0,20	-0,19*
CaesarC1730-7-94		0,56*	0,14*	0,54*	0,02	0,30*
Caesar/C1750-15-95		0,12*	0,32*	0,02*	0,06	-0,04*
Caesar/Eliza		-0,68*	-0,46*	-0,56*	-0,08	-0,25*
Pukara/C1730-7-94	1ª geração de campo 2011	-0,47	0,10	-0,15*	-0,03	-0,37
Pukara/C1750-15-95		0,12	-0,28	-0,04*	-0,16	-0,54
Pukara/Eliza		0,35	0,18	0,20*	0,19	0,92
Asterix/C1730-7-94		0,70	0,09	-0,36*	0,22	0,21
Asterix/C1750-15-95		-0,21	-0,21	-0,31*	-0,28	0,50
Asterix/Eliza		-0,48	0,13	0,68*	0,06	-0,70
Rioja/C1730-7-94		-0,65	0,16	-0,21*	-0,04	-0,98
Rioja/C1750-15-95		0,30	-0,05	0,24*	0,24	0,48
Rioja/Eliza		0,36	-0,11	-0,03*	-0,20	0,50
CaesarC1730-7-94		0,43	-0,34	0,73*	-0,14	1,14
Caesar/C1750-15-95		-0,20	0,55	0,11*	0,20	-0,43
Caesar/Eliza		-0,22	-0,20	-0,84*	-0,05	-0,71
Pukara/C1730-7-94	Plântula 2012	-0,01*	0,86	-0,16*	0,18*	-0,66*
Pukara/C1750-15-95		-0,44*	-0,82	0,03*	-0,07*	0,21*
Pukara/Eliza		0,45*	-0,04	0,13*	-0,10*	0,44*
Asterix/C1730-7-94		-1,00*	-0,71	-0,48*	-0,41*	-0,06*
Asterix/C1750-15-95		0,45*	0,32	0,43*	0,17*	-0,28*
Asterix/Eliza		0,55*	0,39	0,04*	0,24*	0,34*
Rioja/C1730-7-94		-0,58*	-0,58	-0,56*	-0,20*	0,42*
Rioja/C1750-15-95		0,40*	0,19	-0,63*	-0,09*	-0,40*
Rioja/Eliza		0,18*	0,39	1,20*	0,31*	-0,02*
CaesarC1730-7-94		1,59*	0,44	1,21*	0,44*	0,29*
Caesar/C1750-15-95		-0,41*	0,31	0,17*	0,01*	0,47*
Caesar/Eliza		-1,18*	-0,75	-1,38*	-0,44*	-0,76*
Pukara/C1730-7-94	1ª geração de campo 2013	-0,62*	0,30*	-0,16*	-0,32*	0,33*
Pukara/C1750-15-95		0,26*	-0,50*	0,20*	0,06*	-0,69*
Pukara/Eliza		0,35*	0,20*	-0,04*	0,25*	0,36*
Asterix/C1730-7-94		0,38*	0,18*	0,06*	0,29*	-1,90*
Asterix/C1750-15-95		-0,13*	0,40*	0,12*	-0,02*	-0,39*
Asterix/Eliza		-0,24*	-0,58*	-0,18*	-0,26*	2,29*
Rioja/C1730-7-94		0,37*	-0,32*	-0,18*	0,42*	1,26*
Rioja/C1750-15-95		-0,31*	-0,09*	0,22*	-0,39*	0,93*
Rioja/Eliza		-0,05*	0,41*	-0,03*	-0,03*	-2,20*
CaesarC1730-7-94		-0,13*	-0,16*	0,29*	-0,39*	0,31*
Caesar/C1750-15-95		0,18*	0,19*	-0,54*	0,35*	0,15*
Caesar/Eliza		-0,05*	-0,02*	0,25*	0,04*	-0,46*

¹ PEL: Textura da película; SOB: Saliência da sobancelha; FOR: Formato do tubérculo; APA: Aparência geral dos tubérculos; NUM: Número de tubérculos. *Significativo a 5% de probabilidade do erro (PEL: Skin texture; SOB: Eyebrow salience; FOR: Tuber shape; APA: General appearance of tubers; NUM: Number of tubers; * Significant at 5% probability of error).

**3. RESPOSTA ESPERADA COM A SELEÇÃO PARA CARACTERES DE
RENDIMENTO, APARÊNCIA DE TUBÉRCULOS E QUALIDADE DE FRITURA
EM TRÊS POPULAÇÕES HÍBRIDAS DE BATATA**

Resposta esperada com a seleção para caracteres de rendimento, aparência de tubérculos e qualidade de fritura em três populações híbridas de batata

Revista Ceres (ISSN: 2177-3491)

Resumo

O objetivo deste trabalho foi estimar respostas esperadas com a seleção para caracteres de rendimento, aparência e de qualidade de fritura, em três populações híbridas de batata, utilizando estimativas de valor genético; e verificar as correlações entre os caracteres. O experimento foi realizado na Embrapa em Pelotas-RS na safra de outono de 2010. Foram estudadas três populações híbridas de batata derivadas de cruzamentos entre clones avançados do programa de melhoramento de batata da Embrapa e cultivares estrangeiras. Foram avaliados caracteres de rendimento, aparência e qualidade de fritura. Os dados foram analisados estatisticamente segundo o modelo REML/BLUP (Maximum Restricted Likelihood/Best Linear Unbiased Prediction), de modo que distinguissem os efeitos fixos dos aleatórios. Os resultados deste estudo permitem concluir que para massa de tubérculos e aparência de tubérculos a população C-1179 foi superior, enquanto que para qualidade de fritura a população C-1168 foi superior. A herdabilidade dos caracteres variou de acordo com os valores genéticos das populações. As respostas esperadas com a seleção para qualidade de fritura sugerem que para a obtenção de populações superiores deve-se utilizar, ao menos, um genitor de ótima qualidade de fritura. Massa de tubérculos está associada com aparência de tubérculos. Dos caracteres de fritura, apenas qualidade global e cor de “chips” são fortemente associados, e qualidade global e pontos pretos dos “chips”, são média a fortemente associados

Palavras-chave: *Solanum tuberosum* L., avanço genético, herdabilidade, valor genético, qualidade processamento.

Abstract

Expected response to selection for tuber yield and appearance traits, and fry quality in three hybrid populations of potato

The objective this study was to estimate the expected response to selection for yield, appearance and fry quality traits in three hybrid populations of potato, based on the estimated genetic value; and verify the correlations between traits. The experiment was conducted at Embrapa in Pelotas-RS in the fall harvest of 2010. Three hybrid populations of potato derived from crosses between advanced clones of Embrapa potato breeding program and foreign cultivars were studied. Components traits for yield, appearance and fry quality were evaluated. Data were statistically analyzed according to the REML/BLUP model, in order to distinguish fixed and random effects. The results of this study allow us to conclude that to yield and tuber appearance the population C-1179 is higher, while in to the fry quality traits the C-1168 population is better. Heritability for the traits varied according to the genetic value of the populations. Expected response to selection suggest that for the development of superior populations to fry quality must use at least one parent of good fry quality; tuber yield is moderately associated with the appearance of tubers, color and uniformity of chips has a strong influence on the overall quality of chips.

Key words: *Solanum tuberosum* L., genetic gain, heritability, genetic value, processing quality.

INTRODUÇÃO

A batata (*Solanum tuberosum* L.) é um dos alimentos mais consumidos no mundo, devido principalmente à sua composição e versatilidade gastronômica, assim como pelo baixo preço de comercialização (Pereira & Daniels, 2003). A industrialização da batata é crescente em todo o mundo, principalmente na forma de produtos que possam ser consumidos diretamente, como “chips” e batata palha, ou prontos para serem preparados, como batatas descascadas e cortadas em palitos resfriados ou pré-fritas congeladas (Zorzella et al., 2003).

Entretanto, o país ainda depende de um grande volume de importação de produtos processados, principalmente batata pré-frita congelada, para atender a demanda crescente deste setor de mercado (Pádua et al., 2007). A cultura da batata no Brasil se caracteriza pela grande dependência de cultivares estrangeiras, que apesar de excelente aparência de tubérculo, apresentam problemas de adaptação às condições de produção, que resultam em instabilidade de produção e qualidade. Para atingir altos níveis de produtividade, é necessária a utilização intensa de insumos (Neves et al., 2003).

Visando disponibilizar ao mercado cultivares com elevado potencial produtivo, adaptadas às condições edafoclimáticas brasileiras e com qualidade que satisfaçam os padrões exigidos pelas indústrias de fritura, os programas de melhoramento buscam estratégias que possibilitem economia de tempo e recursos (Amaro et al., 2003).

Para que uma cultivar seja aceita pela agroindústria de batata, é preciso que, principalmente, produza produto final de cor clara (Pereira et al., 2007). A cor do produto frito está fortemente associada ao teor de açúcares redutores presente nos tubérculos, onde um alto teor de açúcares resulta em uma cor escura, conferindo uma péssima aparência, além de gosto amargo, que causa rejeição do produto pelo consumidor (Menéndes et al., 2002).

A cor de fritura é influenciada por fatores genéticos e ambientais (Pastorini et al., 2003). Somente o valor fenotípico do indivíduo pode ser medido diretamente, mas é o valor genético que determina a sua influência na geração seguinte. Portanto, a escolha de indivíduos, de acordo com seus valores fenotípicos, depende do sucesso das alterações das características da população, que pode ser predito somente por intermédio do conhecimento do grau de correspondência entre o valor fenotípico e o valor genético. Como a herdabilidade depende de todos os componentes da variância, qualquer alteração em um deles influencia o valor da proporção herdável, que, de acordo com Falconer (1989), é a proporção atribuída ao efeito genético.

A busca pela obtenção de genótipos superiores requer métodos de seleção capazes de explorar eficientemente o material genético disponível, maximizando a resposta de seleção em relação aos caracteres de interesse (Oda et al., 2007).

Diante do exposto, é evidente a importância do melhoramento genético de batata na busca por novas cultivares para o mercado de processamento industrial, sendo que para isto é necessário conhecimentos acerca do controle genético dos caracteres relacionados à qualidade de fritura.

Neste trabalho objetivou-se estimar respostas esperadas de seleção para caracteres de rendimento, aparência e de qualidade de fritura, em três populações híbridas de batata, utilizando estimativas de valor genético; e verificar as correlações entre os caracteres.

MATERIAL E MÉTODOS

O experimento foi realizado na Embrapa Clima Temperado em Pelotas, RS (latitude 31°40'18" Sul, longitude 52°26'15" Oeste, 60 m acima do nível do mar), durante a safra de primavera de 2010. O solo é classificado como Argissolo Vermelho-Amarelo Distrófico Típico, sendo fertilizado nas áreas de plantio com 2000 kg.ha⁻¹ de NPK (5-30-

10). Os tratos culturais e fitossanitários foram similares aos realizados em plantios comerciais da região.

Foram estudadas três populações híbridas de batata derivadas de cruzamentos entre clones avançados do programa de melhoramento de batata da Embrapa e cultivares estrangeiras: População C-1168 ($n = 71$), obtida do cruzamento Atlantic/C-1226-35-80; população C-1172 ($n = 55$), derivada do cruzamento C-1226-35-80/Vivaldi; e população C-1179 ($n = 70$), obtida do cruzamento Atlantic/Eliza. A cultivar Atlantic é a principal cultivar utilizada pela indústria de “chips”, cujos tubérculos apresentam aparência não aceita pelo mercado “in natura”, com película áspera, polpa branca, gemas profundas e formato arredondado; A cultivar Vivaldi não é adequada para fritura, tubérculos de aparência ótima, com película lisa, polpa amarela, gemas rasas e formato ovalado alongado; O clone C-1226-35-80 apresenta qualidade intermediária para fritura, tubérculos de aparência média, com película levemente áspera, polpa amarela, gemas rasas e formato ovalado e achatado. O delineamento experimental foi blocos aumentados (Federer, 1975), com 196 genótipos como tratamentos regulares (não replicados), distribuídos em quatro blocos, com 49 tratamentos cada. Como tratamentos comuns foram utilizadas as cultivares comerciais Agata, Monalisa, Eliza, Atlantic e os clones C1786-7-96, C1750-15-95 e C1742-8-95, selecionados pelo programa de melhoramento da Embrapa. A unidade experimental consistiu de três plantas, espaçadas em 0,80m entre fileiras e 0,30m entre plantas.

Após a colheita, os tubérculos foram classificados quanto ao tamanho (tubérculos comerciais: >45 mm de diâmetro transversal; não comerciais: ≤ 45 mm) e avaliados em relação a caracteres de rendimento: massa total de tubérculos (g) e percentual de tubérculos comerciais. Posteriormente foram avaliados caracteres de aparência de tubérculo, utilizando uma escala de notas de nove pontos: textura de película (1 = áspera;

9 = lisa), formato de tubérculo (1 = arredondado; 9 = alongado) e aparência geral de tubérculo (1 = péssima; 9 = ótima).

Para avaliação da qualidade de fritura, foi tomada ao acaso uma amostra de três tubérculos médios e sadios. O processamento foi na forma de “chips”, sendo fritas 12 fatias de 1-2 mm de espessura em gordura hidrogenada, à temperatura inicial de 180° C, até cessar a borbulha. As avaliações foram realizadas visualmente por oito avaliadores treinados. As notas de cor de fritura foram feitas por meio de comparação com a escala da “Potato Chip and Snack Food Association, dos Estados Unidos da América do Norte” (Douches et al., 1996), adaptada para nove pontos: 1 = cor clara, 9 = cor escura. Nota 2 ou inferior é definida como aceitável para processamento na forma de “chips”.

Da mesma amostra de “chips” foram avaliados os seguintes caracteres: uniformidade da cor de fritura (1 = desuniforme, 9 = uniforme), pontos escuros (1 = ausência, 9 = muitos pontos), borda escura (1= ausência, 9= muita borda escura), centro escuro (1 = ausência, 9 = muito centro escuro), presença de bolhas (1 = poucas, 9 = muitas bolhas) e qualidade global (1 = péssima, 9 = ótima).

Os resultados foram analisados por meio do programa estatístico computacional "SAS Learning Edition" (2002). Foi utilizado o procedimento Proc Mixed, apropriado para a análise de modelos mistos desbalanceados, pois distingue claramente os efeitos fixos e os aleatórios (Littell et al., 1996). O modelo estatístico usado para a determinação dos efeitos genéticos, desconsiderando o efeito ambiental, foi o REML/BLUP (máxima verossimilhança restrita / melhor estimador linear não-viesado). Matricialmente, o modelo misto linear geral descrito em Harville (1977) é definido como:

$$y = X\beta + Z\gamma + e$$

Em que:

y é o vetor de observações;

${}_nX_{p+1}$ é a matriz de incidência dos efeitos fixos (genótipos);

${}_p+1\beta^1$ é o vetor de efeitos fixos desconhecidos;

${}_nZ_q$ é a matriz de incidência dos efeitos aleatórios (anos);

${}_q\gamma^1$ é o vetor de efeitos aleatórios desconhecidos;

${}_ne^1$ é o vetor de erros aleatórios;

Sendo, n o número de observações, p o número de parâmetros e q o número de efeitos aleatórios.

A estimativa de herdabilidade e os ganhos esperados de seleção foram estimadas segundo Simmonds (1979), calculadas com base na média dos valores genéticos dos clones selecionados, e intensidade de seleção de 10%.

Os dados de cada população foram submetidos à análise estatística para obtenção dos coeficientes de correlação de Spearman. As magnitudes dos coeficientes de correlação foram classificadas conforme Carvalho et al. (2004), sendo: $r = 0$ (nula); $0 < r \leq 0,30$ (fraca); $0,30 < r \leq 0,60$ (média); $0,60 < r \leq 0,90$ (forte); $0,90 < r \leq 1$ (fortíssima) e $r = 1$ (perfeita).

RESULTADOS E DISCUSSÃO

A análise de variância detectou diferenças significativas para todos caracteres em estudo, com exceção de aparência geral de tubérculos (dados não apresentados). Os valores genéticos, as estimativas de herdabilidade e ganho esperado de seleção estão apresentados nas tabelas 1 e 2.

Com referência ao caráter massa de tubérculos, foi possível distinguir, de acordo com os limites superiores e inferiores dos valores genéticos, a superioridade da população C-1179 em relação à população C-1172, favorecendo a maior rendimento de tubérculos, entretanto não se diferenciou da população C-1168, por estar no mesmo intervalo de

confiança. Para o caráter percentual de tubérculos comerciais, a população C-1179 apresentou o maior valor genético positivo, tendendo a um maior número de tubérculos comerciais, entretanto não diferiu da população C-1168, com base nos limites superior e inferior.

Para o caráter textura de película, com base no valor genético foi possível observar a superioridade da população C-1168, a qual apresentou o maior valor genético positivo, tendendo a tubérculos de película mais lisa, enquanto que as demais populações apresentaram valores negativos. Cabe ressaltar que embora a cultivar Atlantic, utilizada como genitor da população C-1168 seja de película áspera, quando cruzada com um genótipo de película intermediária, produziu uma progênie de película lisa.

A população C-1172 apresentou o maior valor genético positivo para formato de tubérculos, ou seja, tubérculos mais alongados, e diferiu das populações C-1168 e C-1179, as quais apresentaram valores negativos, tendendo a tubérculos arredondados (Tabela 1). O valor negativo para formato de tubérculo das populações C-1168 e C-1179 é provavelmente devido ao genitor em comum destas populações, a cultivar Atlantic possuir tubérculos de formato arredondado.

Para cor de “chips”, a população C-1168 apresentou o maior valor genético negativo, tendendo a cor mais clara, enquanto a população C-1172 o maior valor genético positivo, porém de acordo com os intervalos de confiança, as populações não diferem. Em relação ao caráter uniformidade de cor de “chips”, a população C-1168 foi superior com o maior valor positivo, favorecendo a maior uniformidade. Quanto ao caráter pontos escuros, as populações não diferiram com base nos limites superiores e inferiores dos valores genéticos (Tabela 2).

Em referência aos caracteres centro escuro e borda escura, a população C-1168 se destacou com os maiores valores genéticos negativos, ou seja, favorecendo a ausência

destes defeitos, enquanto as outras populações apresentaram valores genéticos positivos e com intervalo de confiança sobrepostos. Para o caráter presença de bolhas, a população C-1168 apresentou o maior valor e negativo, porém não diferiu das outras populações (Tabela 2).

Já para o caráter qualidade global, a população C-1168 apresentou o maior valor genético positivo, concordando com a superioridade desta população em relação a grande parte dos caracteres de qualidade de fritura avaliados no estudo (Tabela 2)

A herdabilidade depende da diversidade genética do material em estudo e dos fatores ambientais (Falconer, 1989). Neste estudo as estimativas de herdabilidade para o caráter massa de tubérculos foram mais elevadas para as populações C-1179 e C-1172 (0,39 e 0,30, respectivamente), adicionalmente, estas mesmas populações apresentaram valores baixos de herdabilidade para percentual de tubérculos comerciais, estes resultados são semelhantes aos relatados por Gopal et al. (1994), em estudo gerações iniciais de seleção, entretanto são inferiores aos relatados por Love et al. (1997).

Para textura de película, as estimativas de herdabilidade variaram de 0,36 para população C-1168 a 0,10 para população C-1179, inferiores as relatadas por outros autores, os quais encontraram valores elevados (Silva et al., 2008; Love et al., 1997). Estes autores encontraram herdabilidade média a elevada para o caráter cor de película, discordando das baixas estimativas verificadas neste estudo, que variaram de 0,05 a 0,16.

A herdabilidade estimada para cor de “chips” foi moderada para a população C-1168 (0,41). Este valor concorda com outros autores que relataram herdabilidade moderada (Rodrigues & Pereira, 2003; Salamoni et al., 2000). Neste estudo a população C-1179, que é originária do cruzamento entre um genitor que produz “chips” claro com um genitor que produz “chips” escuro, apresentou a menor herdabilidade (0,15) (Tabela 2). Este resultado discorda de Terres et al. (2012), que relataram maiores estimativas de

herdabilidade para este caráter, sendo dependente do nível de açúcares redutores dos genitores envolvidos na geração da população.

O caráter qualidade global de “chips”, da mesma forma que para cor de “chips”, a população C-1168 apresentou a maior estimativa de herdabilidade (0,59), em comparação as populações C-1172 (0,39) e C-1179 (0,23). Em relação aos demais caracteres de qualidade de fritura, as estimativas de herdabilidade foram baixas.

O progresso esperado com a seleção depende da herdabilidade do caráter, da intensidade de seleção e do desvio padrão fenotípico do caráter (Simmonds, 1979). Para o caráter massa total de tubérculos, a população C-1179 apresentou o maior ganho esperado de seleção, segundo as estimativas mais elevadas de valor genético e herdabilidade desta população, que, entretanto, não diferiu da população C-1168.

Para formato de tubérculos, a população C-1168 apresentou maior ganho esperado de seleção, favorecendo a tubérculos mais arredondados. Esta população diferiu da C-1172, que apresentou o maior valor positivo, tendendo a tubérculos mais alongados.

Em relação aos caracteres de qualidade de fritura, os ganhos esperados de seleção apenas diferiram, de acordo com os limites, para os caracteres presença de bolhas e qualidade global (Tabela 2). Para estes caracteres, destacou-se a população C-1168, com maior ganho de seleção negativo para presença de bolhas e maior ganho de seleção positivo para qualidade global, ou seja, menor presença de bolhas e melhor avaliação, entretanto, não diferiu da população C-1179 para estes caracteres. Cabe ressaltar que a população C-1168 é originária do cruzamento entre ‘Atlantic’ (boa qualidade de fritura) e o clone C-1226-35-80 (qual idade de fritura intermediária), enquanto a população C-1172, a qual apresentou o maior ganho esperado de seleção negativo para qualidade global, é originária do cruzamento entre ‘Vivaldi’ (baixa qualidade de fritura) e o clone

C-1226-35-80, sugerindo que para geração de populações superiores para qualidade de fritura deve-se utilizar, ao menos, um genótipo de boa qualidade de fritura.

Em relação aos coeficientes de correlação, não foram encontradas correlações consistentes nas três populações entre os caracteres de qualidade de fritura e caracteres de rendimento e aparência de tubérculo (Tabela 3).

Entre os caracteres de qualidade de fritura, coeficientes de correlação consistentes, negativos e fortes nas três populações, foram detectados entre qualidade global e cor “chips”; e médio a forte, entre qualidade global e uniformidade de “chips”. A associação entre cor e qualidade global “chips”, mostra a importância da cor de fritura, caráter limitante na seleção de clones de batata para processamento industrial (Silva et al., 2011). O caráter centro escuro ainda apresentou correlação negativa e média nas três populações com uniformidade de “chips” (Tabela 3).

Entre os caracteres de aparência e rendimento de tubérculos, correlações positivas de magnitude média a forte nas três populações foram encontradas entre aparência de tubérculos com massa de tubérculos e cor de película (Tabela 3), indicando que a seleção para estes caracteres afetariam positivamente a aparência geral de tubérculo, concordando com o reportado por Silva et al. (2014).

CONCLUSÕES

Os resultados deste estudo permitem concluir que as respostas esperadas de seleção para qualidade de fritura sugerem que para obtenção de populações superiores deve-se utilizar, ao menos, um genitor de ótima qualidade de fritura. Massa de tubérculos e cor de película estão associados com aparência de tubérculos. Dos caracteres de fritura, apenas qualidade global e cor de “chips” são fortemente associados, e qualidade global e pontos pretos dos “chips”, média a fortemente associados.

REFERÊNCIAS

- Amaro GB, Pinto CABP, Lambert ES, Martins Neto CL (2003) Seleção precoce de clones de batata para caracteres de tubérculo. *Ciência Agrotécnica*, 27 : 585-589.
- Carvalho FIF, Lorencetti C, Benin G (2004) Estimativas e implicações da correlação no melhoramento vegetal. Pelotas: Editora e Gráfica da UFPel. 142 p.
- Douches DS (1996) Assessment of potato breeding progress in the USA over the last century. *Crop Science*, 36 : 1544-1552.
- Falconer DS (1989) *Introduction to quantitative genetics*. 2. ed. London: Longman. 340p.
- Federer WT, Raghavarao D (1975) On augmented designs. *Biometrics*, 31 : 29-35.
- Gopal J, Gaur PC, Rana MS (1994) Heritability intra- and inter-generation associations between tuber yield and its components in potato (*Solanum tuberosum* L.). *Plant breeding*, 12 : 82-83.
- Harville DA (1977) Maximum-likelihood approaches to variances component estimation and to related problems. *Journal of the American Statistical Association*, 72 : 320-338.
- Littell RC, Milliken GA, Stroup WW, Wolfinger RD (1996) SAS system for mixed models. Statistical Analysis System Institute, Cary: 633 p.
- Love SL, Werner BK, Pavek JJ (1997) 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 Potato Journal*, 74 : 199-213.
- Menéndes CM, Ritter E, Schâfer-Pregl R. (2002) Cold sweetening on diploid potato: Mapping quantitative trait loci and candidate genes. *Genetics*, 162 : 1425-1434.
- Neves EM, Rodrigues L, Dayoub M, Dragone OS (2003) Aplicação de fertilizantes na bataticultura. Comportamento de preços no Plano Real. *Batata Show*, 3 : 20-21.

- Oda S, Melo EJ, Silva JF, Souza ICG (2007) Melhoramento florestal. In: Borém A (Ed.). Biotecnologia Florestal. Viçosa: UFV. 51-71.
- Pádua JG, Mesquita HÁ, Souza JC, Silva RA (2009) Cultura da batata: tecnologia e produtividade. Informe Agropecuário, 30: 34-43.
- Pastorini LH, Bacarin, MA, Trevizol FC, Bervald CMP, Fernandes HS (2003) Produção e teor de carboidratos não estruturais em tubérculos de batata obtidos em duas épocas de plantio. Horticultura Brasileira, 21 : 660-665.
- Pereira AS, Daniels J (2003) O cultivo da batata na região sul do Brasil. Brasília: Embrapa Informação Tecnológica/Embrapa Clima Temperado. 567 p.
- Pereira AS, Neto RF, Silva RS (2007) Genótipos de batata com baixo teor de açúcares redutores. Horticultura Brasileira, 25 : 220-223.
- Rodrigues AFS, Pereira AS (2003) Correlações inter e intragerações e herdabilidade de cor de chips, matéria seca e produção em batata. Pesquisa Agropecuária Brasileira, 38 : 599-604.
- Salamoni AS, Pereira AS, Viegas J (2000) Variância genética de açúcares redutores e matéria seca e suas correlações com características agronômicas. Pesquisa Agropecuária Brasileira, 35 : 1441-1445.
- SAS Learning Edition. (2002) Getting Started with the SAS Learning Edition. Cary: SAS Institute, 81 p.
- Silva GO, Ney VG, Pereira AS, Terres LR (2014) Relações entre caracteres de tubérculo de batata nas primeiras gerações de seleção. Revista Ceres, 61 : 370-376.
- Silva GO, Pereira AS (2011) Seleção em gerações iniciais para caracteres agronômicos em batata. Horticultura brasileira, 29 : 449-455.

Silva GO, Pereira AS, Souza VQ, Carvalho FIF, Vieira EA (2008) Qualidade de película de famílias clonais de batata. *Bragantia*, 67 : 563-568.

Simmonds NW (1979) *Principles of crop improvement*. New York: Longman. 480p.

Terres LR, Ney VG, Cerioli MF, Pereira AS, Treptow RO (2012) Respostas esperadas de seleção para cor de fritura em quatro populações híbridas de batata. *Horticultura Brasileira*, 30 : 300-303.

Zorzella CA, Vendruscolo JLS, Treptow RO, Almeida TL (2003) Caracterização física, química e sensorial de genótipos de batata processados na forma de chips. *Brazilian Journal of Food Technology*, 6 : 15-24.

Tabela 1. Médias e estimativas do valor genético (BLUP), da herdabilidade relativa ao valor genético (h^2), da resposta esperada de seleção (R) e respectivos limites inferior e superior, para componentes de rendimento e de aparência de batata de três populações híbridas de batata. Pelotas, 2014.

População	BLUP		h2	R	
	Valor	Limites		Valor	Limites
Massa Total (g)					
C-1179 ¹	248,78	(87,78; 410,43)	0,39	338,31	(106,58; 570,77)
C-1168	-54,25	(-215,52; 106,75)	0,08	52,90	(-63,94; 288,51)
C-1172	-194,52	(-356,05; -33,52)	0,30	-391,31	(-623,77; -158,85)
Percentual de tubérculos comerciais					
C-1179	10,46	(4,24; 16,68)	0,17	3,45	(-1,70; 8,60)
C-1168	-0,50	(-6,72; 5,72)	0,01	-6,56	(-11,71; -1,41)
C-1172	-9,95	(-16,17; -3,73)	0,17	3,10	(-2,31; 8,25)
Textura de película					
C-1179	-0,20	(-0,39; -0,01)	0,10	-0,09	(-0,26; 0,08)
C-1168	0,85	(0,66; 1,04)	0,36	0,01	(-0,16; 0,19)
C-1172	-0,62	(-0,81; -0,43)	0,26	0,08	(-0,10; 0,25)
Formato de tubérculos					
C-1179	-0,22	(-0,46; 0,02)	0,12	0,02	(-0,28; 0,32)
C-1168	-0,23	(-0,47; 0,01)	0,12	-0,33	(-0,63; -0,03)
C-1172	0,44	(0,20; 0,68)	0,26	0,31	(0,01; 0,61)

¹C-1179: Atlantic/Eliza; C-1168: Atlantic/C1226-35-80; C-1172: Vivaldi/C1226-35-80.

Tabela 2. Médias e estimativas do valor genético (BLUP), da herdabilidade relativa ao valor genético (h^2), da resposta esperada de seleção (R) e respectivos limites inferior e superior, para caracteres de qualidade de fritura de “chips” de batata. Pelotas, 2014.

População	BLUP		h2	R	
	Valor	Limites		Valor	Limites
Cor de chips					
C-1179 ¹	0,29	(-0,71; 1,28)	0,15	0,13	(-0,29; 0,50)
C-1168	-0,92	(-1,93; 0,09)	0,41	-0,46	(-0,82; -0,10)
C-1172	0,63	(-0,36; 1,62)	0,32	0,33	(-0,03; 0,69)
Uniformidade de cor de chips					
C-1179	-0,39	(-0,88; 0,10)	0,13	0,01	(-0,08; 0,07)
C-1168	0,72	(0,23; 1,21)	0,25	-0,01	(-0,10; 0,06)
C-1172	-0,32	(-0,81; 0,17)	0,11	0,01	(-0,06; 0,09)
Pontos escuros					
C-1179	0,21	(0,01; 0,40)	0,15	0,21	(0,00; 0,43)
C-1168	-0,03	(-0,22; 0,16)	0,01	-0,20	(-0,42; 0,01)
C-1172	-0,16	(-0,35; 0,03)	0,07	-0,01	(-0,22; 0,21)
Borda escura					
C-1179	0,26	(-0,13; 0,65)	0,13	0,01	(-0,11; 0,13)
C-1168	-0,70	(-1,09; -0,31)	0,21	-0,04	(-0,17; 0,08)
C-1172	0,44	(0,05; 0,83)	0,13	0,03	(-0,09; 0,15)
Centro escuro					
C-1179	0,13	(-0,14; 0,40)	0,02	0,01	(-0,01; 0,03)
C-1168	-0,43	(-0,70; -0,16)	0,07	-0,02	(-0,04; 0,00)
C-1172	0,30	(-0,03; 0,57)	0,05	0,01	(-0,01; 0,03)
Presença de bolhas					
C-1179	0,04	(-0,12; 0,20)	0,03	-0,18	(-0,65; 0,29)
C-1168	-0,21	(-0,37; -0,05)	0,15	-0,51	(-0,98; -0,04)
C-1172	0,17	(-0,33; -0,01)	0,12	0,69	(0,22; 1,16)
Qualidade global					
C-1179	-0,46	(-1,06; 0,14)	-1,06	-0,01	(-0,33; 0,35)
C-1168	1,13	(0,53;1,73)	0,53	0,53	(0,16; 0,90)
C-1172	-0,67	(-1,27;-0,07)	-1,27	-0,52	(-0,86; -0,15)

¹C-1179: Atlantic/Eliza; C-1168: Atlantic/C1226-35-80; C-1172: Vivaldi/C1226-35-80.

Tabela 3. Correlações entre caracteres componentes de aparência, rendimento de tubérculos e qualidade de fritura de batata em três populações de batata. Pelotas. 2014.

	População	MAS	PER	TEX	APA	FOR	CHIP	UNIF	PON	BOR	CEN	BOL
PER	C-1179	0,00										
	C-1168	0,18										
	C-1172	-0,15	-									
TEX	C-1179	-0,08	0,00									
	C-1168	0,19	-0,26									
	C-1172	0,05	-0,01	-								
APA	C-1179	0,36*	0,00	0,04								
	C-1168	0,45*	-0,11	0,52*								
	C-1172	0,47*	-0,12	0,39*	-							
FOR	C-1179	-0,01	0,00	0,04	0,09							
	C-1168	0,05	-0,10	0,46*	0,16							
	C-1172	-0,05	0,05	0,16	0,34	-						
CHIP	C-1179	-0,16	0,00	-0,01	0,15	0,09						
	C-1168	-0,34*	0,11	-0,07	-0,14	0,14						
	C-1172	-0,02	0,19	0,05	0,01	0,03	-					
UNIF	C-1179	0,02	0,00	0,00	0,10	-0,11	-0,25					
	C-1168	0,42*	-0,05	0,22	0,40*	0,18	-0,49*					
	C-1172	0,08	-0,13	-0,15	0,04	-0,07	-0,73*	-				
PON	C-1179	-0,18	0,00	0,09	-0,12	0,14	-0,01	-0,39*				
	C-1168	-0,17	-0,06	-0,08	-0,22	-0,10	0,18	-0,35*				
	C-1172	0,08	-0,14	-0,06	-0,22	-0,19	0,19	-0,24*	-			
BOR	C-1179	-0,07	0,00	-0,09	-0,14	-0,07	0,21	0,02	-0,23			
	C-1168	-0,30	0,08	0,08	-0,11	0,23	0,41*	-0,15	0,20			
	C-1172	-0,06	0,13	0,18	-0,14	0,19	0,45*	-0,40*	0,26	-		
CEN	C-1179	0,16	0,00	-0,21	-0,09	-0,20	0,16	-0,02	0,08	-0,12		
	C-1168	-0,46*	0,05	0,16	0,21	0,15	0,64*	0,56*	0,22	0,37*		
	C-1172	-0,05	0,08	0,02	-0,09	-0,01	0,62*	0,56*	0,23	0,21	-	
BOL	C-1179	-0,01	0,00	0,00	-0,06	-0,06	0,16	-0,05	-0,09	0,15	0,04	
	C-1168	0,36*	0,36*	0,02	-0,08	0,05	-0,30*	0,28*	0,02	-0,19	-0,14	
	C-1172	0,22	0,07	-0,19	0,11	-0,07	0,17	-0,12	0,22	0,15	-0,12	-
GLO	C-1179	0,29*	0,00	-0,04	0,19	-0,05	-0,61*	0,47*	-0,33*	-0,09	-0,16	-0,10
	C-1168	0,48*	0,02	0,11	0,21	0,09	-0,69*	0,68*	-0,32*	-0,48*	-0,66*	0,46*
	C-1172	0,02	-0,30*	-0,04	0,06	-0,01	-0,76*	0,73*	-0,30	-0,40	-0,63*	-0,18

¹ MAS: Massa de tubérculos; PER: Percentual de tubérculos comerciais; TEX: Textura de película; APA: Aparência de tubérculos; FOR: Formato de tubérculos; CHIP: Cor de “chips”; UNIF: Uniformidade da cor; PON: Pontos escuros; BOR: Borda escura; CEN: Centro escuro; BOL: Presença de bolhas; GLO: Qualidade global dos “chips”. *Significativamente diferente de zero a 5% de probabilidade do erro.

4. PARÂMETROS GENÉTICOS ASSOCIADOS A CARACTERES DE APARÊNCIA E RENDIMENTO DE TUBÉRCULOS DE BATATA EM GERAÇÕES INICIAIS DE SELEÇÃO

Parâmetros genéticos associados a caracteres de aparência e rendimento de tubérculos de batata em gerações iniciais de seleção

Genetic parameters associated with tuber yield and appearance traits of potatoes in early generations of selection

Revista Semina Agrária (ISSN: 1676-546X)

Resumo

O conhecimento dos parâmetros genéticos dos caracteres em geração iniciais de seleção é vital para que programas de melhoramento definam suas estratégias e com isso, obtenham sucesso. O objetivo do presente trabalho foi estimar parâmetros genéticos de caracteres componentes de rendimento e de aparência de tubérculos de batata nas primeiras gerações de seleção e suas implicações no processo de seleção. Foram avaliadas 12 famílias segregantes de batata, originadas de cruzamentos entre dois grupos de genitores. O grupo 1 foi formado pelos genitores estrangeiros Pukara, Asterix, Rioja e Caesar; e, o grupo 2 pelos genitores nacionais Eliza, C1730-7-94 e C1750-15-95. O experimento foi realizado nas safras de outono de 2012 e 2013, em delineamento experimental de blocos ao acaso, com três repetições. Considerando conjuntamente os resultados de todos os caracteres, destacaram-se as famílias de Pukara/Eliza, Asterix/Eliza e Rioja/Eliza, por apresentarem as melhores médias em um maior número de caracteres de aparência e rendimento de tubérculo. Os resultados encontrados neste estudo, sugerem que se pode aplicar seleção com intensidade de leve a moderada na geração de plântula para os caracteres textura de película, aparência geral de tubérculo, número, massa e massa média de tubérculos, com base nas estimativas de herdabilidade moderada a alta obtidas na geração de plântula. Os maiores ganhos de seleção para estes caracteres foram nos caracteres textura de película, aparência geral de tubérculo, número, massa e massa média de tubérculos.

Palavras-chave: *Solanum tuberosum* L., geração de plântula, herdabilidade.

Abstract

The knowledge of genetic parameters of traits in early generation selection is vital for breeding programs to define strategies and obtain success. The objective of this study was to estimate genetic parameters of yield component and tuber appearance traits in early selection generations of potatoes and their implications in the selection process. Twelve segregating potato families originated from crosses between two groups of parents of the Embrapa potato breeding program were evaluated. Group 1 was formed by foreign potato parents: Pukara, Asterix, Rioja and Caesar; and group 2 by national parents: Eliza, C1730-7-94 and C1750-15-95. The experiment was conducted in autumn seasons of 2012 and 2013. A randomized complete block

design with three replications was used. Considering all the traits together, families Pukara/Eliza, Asterix/Eliza, and Rioja/Eliza had the highest averages in a larger number of tuber appearance and yield traits. The results of this study suggest that selection may be applied with mild to moderate intensity in the seedling generation for skin texture, tuber general appearance, tuber number, average tuber weight and total tuber yield, based on the moderate to high heritability estimated in seedling generation. The highest selection gain were for skin texture, tuber general appearance, tuber number, average tuber weight and total tuber yield.

Key words: *Solanum tuberosum* L., seedling generation, heritability.

Introdução

A maior parte da produção de batata no país é para o mercado fresco, onde a aparência de tubérculo é fundamental para comercialização do produto. O consumidor brasileiro prefere tubérculos de película lisa e brilhante, especialmente em cultivares de película de cor amarelada (PEREIRA; DANIELS, 2003).

No melhoramento genético de batata mais de 40 caracteres estão envolvidos no processo de seleção (GEBHARDT et al., 2007). Neste sentido, para o desenvolvimento de cultivares deve-se considerar muitos caracteres simultaneamente, entretanto enfatizando na seleção aqueles de maior importância. Na identificação de clones superiores no processo de seleção é preciso avaliar, no conjunto, as características de aparência e rendimento de tubérculo (MELO, 1999).

Os caracteres aparência geral de tubérculo e rendimento de tubérculos são caracteres complexos e dependentes de vários caracteres mais simples, apresentando assim baixa herdabilidade (TAI; YOUNG, 1984). No entanto, seus componentes apresentam estimativas de magnitude superior, possibilitando maior eficiência de seleção (SILVA et al., 2008). Dentre os fatores componentes de aparência de tubérculo, destaca-se a textura e cor da película enquanto que número e peso médio de tubérculo se destacam dentre os componentes de rendimentos, com maior herdabilidade (SILVA et al., 2008; RODRIGUES; PEREIRA, 2003; GOPAL et al., 1994).

O objetivo do presente trabalho foi estimar parâmetros genéticos de caracteres componentes de rendimento e de aparência de tubérculos de batata nas primeiras gerações de seleção, e suas implicações no processo de seleção.

Material e métodos

Os experimentos foram realizados no campo experimental na Embrapa Clima Temperado em Pelotas, RS (latitude 31°40'18" Sul, longitude 52°26'15" Oeste, 60 m acima do nível do mar). O solo, classificado como do tipo Podzólico Vermelho-Amarelo, foi fertilizado

seguindo as recomendações para plantio comercial de batata na região. Foram avaliadas 12 famílias segregantes de batata, originadas de cruzamentos controlados entre dois grupos de genitores do programa de melhoramento genético da Embrapa. O grupo 1 foi formado pelos genitores estrangeiros ‘Pukara’, ‘Asterix’, ‘Rioja’ e ‘Caesar’; e, o grupo 2 pelos genitores nacionais ‘Eliza’, ‘C1730-7-94’ e ‘C1750-15-95’.

Na safra de outono de 2012 foram produzidas as gerações de plântula, em casa-de-vegetação. As sementes botânicas foram germinadas em sementeiras e as plântulas transplantadas para sacos plásticos, contendo dois litros de substrato, para produção de minitubérculos. As plântulas foram distribuídas em blocos ao acaso com três repetições. Cada parcela foi composta por uma amostra de 25 plântulas, tomadas aleatoriamente no momento do transplante, para representar o cruzamento. O espaçamento entre plantas e entre linhas foi de 0,10 m. As plântulas foram mantidas nessas condições até o momento da colheita, aos 80 dias. Os tubérculos foram colhidos, identificados e transportados para instalações apropriadas, para serem efetuadas as avaliações. Após as avaliações, os tubérculos foram armazenados em câmara fria, a 4°C.

Na safra de outono de 2013 foi produzida a primeira geração de campo, utilizando os tubérculos armazenados. Três tubérculos de tamanho médio de cada genótipo foram plantados a campo, formando a unidade experimental, e utilizando-se os mesmos delineamentos experimentais da safra anterior. As parcelas foram colhidas e logo realizado as avaliações dos tubérculos.

Para avaliação dos caracteres componentes de aparência de tubérculos utilizou-se uma escalas de notas com nove classes na classificação dos tubérculos, atribuindo valores entre um (1) e nove (9), conforme elucidado a seguir: textura de película (1- áspera, 9- lisa), profundidade de gema (1- profunda, 9- superficial), saliência de sobrançelha (1- saliente, 9- superficial), formato de tubérculo (1- redondo, 9- alongado), uniformidade de formato de tubérculo (1- desuniforme, 9- uniforme), apontamento de tubérculo (1- apontado, 9- não apontado), curvatura de tubérculo (1- curvado, 9- não curvado), achatamento de tubérculo (1- achatado, 9- não achatado), tamanho de tubérculo (1- pequeno, 9- grande), uniformidade de tamanho de tubérculo (1- desuniforme, 9- uniforme) e aparência geral de tubérculo (1- ruim, 9- ótima). Foram considerados tubérculos de boa aparência aqueles que apresentaram conjuntamente, película lisa, gemas rasas, sobrançelha superficial, uniformidade de formato, não apontado, não curvado, não achatado e com uniformidade de tamanho. Os caracteres de rendimento de tubérculos avaliados foram: número de tubérculos por planta, massa total de tubérculos por planta (g.planta^{-1}) e massa média de tubérculos (g).

Os dados foram verificados quanto à normalidade de distribuição dos resíduos (teste de Lilliefors) (CAMPOS, 1983). Posteriormente, foram realizadas análises de variância de cada geração e conjunta para as gerações de plântula e primeira geração de campo e as médias

agrupadas pelo teste de Scott e Knott a 5% de probabilidade de erro, por meio do pacote estatístico Genes (CRUZ, 2006).

Na análise de variância, o modelo estatístico utilizado foi o seguinte (CRUZ; REGAZZI, 2001):

$$Y_{ij} = \mu + g_i + e_{ij}, \text{ para as populações,}$$

sendo que, Y_{ij} é a observação referente ao i -ésimo genótipo na j -ésimo bloco; μ é a média geral; g_i é o efeito aleatório do i -ésimo genótipo confundido com os efeitos do ambiente; e_{ij} é o erro experimental associado à observação Y_{ij} .

Os componentes de variância e herdabilidade foram estimados de acordo com Vencovsky e Barriga (1992), pela formula:

$$h^2 = \frac{\sigma^2g}{\sigma^2g + \sigma^2e + r},$$

sendo que, σ^2g é a variância genética, σ^2e é a variância do erro e r é o número de repetições.

O ganho de seleção, com intensidade de seleção de 10%, foi calculado de acordo com a fórmula:

$$GS_i = k\sigma_{gi}h_i,$$

em que k a intensidade de seleção, σ_{gi} o desvio padrão genético do caráter e h_i a herdabilidade (CRUZ, 2006).

Resultados e discussão

Ao verificar a normalidade dos dados, na geração de plântula e na primeira geração de campo, os caracteres profundidade da gema e achatamento de tubérculo não apresentaram distribuição normal de erros, mesmo após transformação e, sendo assim, foram desconsiderados das análises estatísticas.

A análise de variância conjunta das duas gerações detectou interação significativa ($p < 0,05$) entre gerações e populações, para os caracteres textura de película, formato de tubérculo, apontamento de tubérculo, aparência geral de tubérculos, número de tubérculos, massa de tubérculos e massa média de tubérculos (Tabela 1). Para os caracteres saliência de sobrançela, uniformidade de formato, tamanho e uniformidade de tamanho dos tubérculos, houve diferença apenas entre as gerações de cultivo, enquanto para o caráter curvatura de tubérculo foi detectada diferenças significativas apenas entre as gerações.

Os coeficientes de variação do experimento estão de acordo com aqueles encontrados por Silva et al. (2007) e Veríssimo et al. (2012), em estudos de geração de plântulas e primeiras gerações clonais (Tabela 1). Segundo Carvalho et al. (2004), o coeficiente de variação é uma medida relativa de dispersão, de grande utilidade para a comparação, em termos relativos, do grau

de concentração em torno da média, dando uma ideia da precisão experimental. Podem ser classificados como baixo ($< 10\%$), médio ($10 - 20\%$), alto ($20 - 30\%$) e muito alto ($> 30\%$).

A relação CVg/CVe assumiu valores superiores a unidade para os caracteres número de tubérculos e massa média de tubérculos, que são valores considerados ideais para seleção (CRUZ; CARNEIRO, 2006) (Tabela 1). Para os demais caracteres, a relação foi inferior a unidade, evidenciando grande influência do ambiente em detrimento da variação de ordem genética.

Comparando-se os coeficientes de variação do grupo que apresentou interação população x geração significativa, observa-se que todos os caracteres avaliados apresentaram valores menores na primeira geração de campo do que na geração de plântula (Tabela 2 e 3). Isto é um indicativo de maior precisão experimental na primeira geração campo, que pode ser explicado por haver na primeira geração de campo tubérculos em maior número e de maior tamanho, que possibilita uma melhor avaliação dos caracteres.

O progresso esperado com a seleção depende da herdabilidade do caráter, da intensidade de seleção e do desvio padrão fenotípico do caráter (DUDLEY; MOLL, 1969; SIMMONDS, 1979). Neste estudo, os valores de herdabilidade foram superiores na primeira geração de campo, em comparação com a geração de plântula, para os caracteres aspereza da película, formato, aparência geral, uniformidade de tamanho, número e massa média de tubérculo (Tabelas 2 e 3). Estes resultados discordam de Silva et al. (2007), que, em estudo de geração de plântula em casa-de-vegetação, verificou melhor expressão da variabilidade de ordem genética, provavelmente devido ao maior efeito do ambiente na geração de campo. Os resultados destes autores concordam com as estimativas de herdabilidade encontradas para o caráter massa de tubérculos, o qual foi superior na geração de plântula do que na primeira geração de campo (Tabelas 2 e 3).

As estimativas de herdabilidade para os caracteres textura da película e aparência geral de tubérculo foram, em ambas as gerações, superiores aos valores relatados por Silva et al. (2008), em estudo de três populações derivadas de combinações entre genitores com textura distintas. Entretanto, as estimativas de herdabilidade do caráter textura da película foram inferiores aos altos valores observados por Love et al. (1997), que incluíram nos cruzamento genitores com película extremamente ásperas.

O valor moderadamente alto, estimado para o caráter aparência geral de tubérculo discorda de outros estudos que relataram estimativas baixas (TAI; YOUNG, 1984; MARIS, 1988).

As baixas estimativas de herdabilidade verificadas para os caracteres saliência da sobrançelha, uniformidade de formato, apontamento e curvatura de tubérculo foram mais baixas do que foi relatado por outros autores (PINTO, 1999; LOVE et al., 1997; SILVA et al., 2008), (Tabela 4).

Em relação ao caráter uniformidade de tamanho de tubérculo, os valores estimados de herdabilidade foram maiores na primeira geração de campo do que na geração de plântula. Isto pode ser atribuído às diferenças nas condições de cultivo. A geração de plântula foi cultivada em vasos de dois litros, o que restringiu o desenvolvimento das plantas e dos tubérculos.

Ganhos esperados com a seleção podem ser aumentados por meio da redução da variação não herdável. Neste estudo, as respostas de seleção foram condizentes com a herdabilidade e variância genética do caráter em questão, em que os caracteres com maior estimativa de herdabilidade e percentual de variação genética apresentaram, conseqüentemente, maiores avanços esperados de seleção (Tabelas 2, 3 e 4).

Os ganhos de seleção encontrados para a geração de plântula estão de acordo com a indicação de Love et al. (1997), os quais sugerem a aplicação de seleção leve para os caracteres número de tubérculos e massa de tubérculos (Tabela 3). Love et al. (1997) ainda concluíram que na geração de plântula não se deve aplicar seleção para uniformidade de tamanho e de formato de tubérculo, condizendo aos ganhos de seleção encontrados neste estudo (Tabelas 2 e 4).

Embora as maiores estimativas de herdabilidade para os caracteres textura da película, formato, aparência geral, uniformidade de tamanho, número e massa de tubérculos encontrados neste estudo sejam na primeira geração de campo, as respostas esperadas de seleção na geração de plântula foram superiores, concordando com as maiores variações de ordem genética nesta geração (Tabelas 2 e 3).

Para o caráter massa média de tubérculos as respostas esperadas de seleção foram ligeiramente superiores na primeira geração campo.

No processo de desenvolvimento de novas cultivares, procura-se gerar populações com altas médias e ampla variabilidade genética para os caracteres de interesse (SIMMONDS, 1979). Para todos os caracteres no estudo em que a análise de variância revelou diferenças significativas entre populações ou entre gerações, foi realizado o teste de agrupamento de médias de Scott & Knott (Tabelas 2, 3 e 4).

Para o caráter textura da película, as famílias dos cruzamentos Rioja/C1730-7-94 e Caesar/Eliza apresentaram textura de tubérculo mais áspera na geração de plântula, enquanto as famílias de Pukara/C1730-7-94, Pukara/Eliza, Asterix/Eliza, Asterix/C1750-15-95 e Caesar/C1730-7-94 apresentaram textura mais lisa na geração de plântula do que a primeira geração de campo. Ao agrupar as médias famílias em cada geração, foram formados três grupos na geração de plântula (Tabela 2). As famílias de cruzamentos envolvendo o genitor Pukara, juntamente com as famílias Asterix/Eliza, Asterix/C1750-15-95, Caesar/C1730-7-94 e Rioja/Eliza constituíram o grupo superior.

Segundo Silva et al. (2007), o formato de tubérculo é um caráter de alta repetibilidade quando analisado entre gerações, por apresentar dados consistentes, estes autores observaram que os genótipos se agrupam igualmente nas gerações iniciais. Neste estudo, não houve diferenças

entre gerações para este caráter (Tabela 1). Apenas a família de Caesar/Eliza apresentou diferença de formato entre gerações, com tubérculos mais arredondados na geração de plântula. Na geração de plântula, Caesar/Eliza foi considerada como a família de tubérculos mais arredondados, enquanto as famílias de Rioja/C1730-7-94 e Rioja/C1750-15-95 formaram o grupo intermediário. As demais famílias apresentaram maiores médias, ou seja, tubérculos mais alongados. Na primeira geração campo não foi possível separar as famílias em grupos (Tabela 2).

Aparência geral de tubérculo é um caráter de grande importância na comercialização devido à preferência dos consumidores (SILVA et al., 2008). Neste estudo, todas as famílias foram superiores em aparência geral de tubérculo na geração de campo, o que pode ser resultado de tubérculos mais desenvolvidos nesta geração do que na geração de plântula, facilitando a avaliação visual (Tabela 2). Na geração de plântula, as médias das famílias se agruparam em três grupos, sendo que a família de Caesar/Eliza constituiu isoladamente o grupo de pior aparência, as famílias de Rioja/C1730-7-94, Caesar/C1750-15-95 e Rioja/Eliza constituíram o grupo intermediário, e as famílias em que um dos genitores era as cultivares Pukara e Asterix, e as famílias de Rioja/C1750-15-95 e Caesar/C1730-7-94 formaram o grupo de melhor aparência. Na primeira geração de campo, as famílias Pukara/Eliza, Asterix/C1750-15-95, Rioja/C1730-7-94, Caesar/Eliza, Caesar/C1750-15-95, Asterix/C1730-7-94 e Rioja/Eliza se destacaram com as melhores médias de aparência geral de tubérculos.

Para o caráter uniformidade de tamanho de tubérculo, as únicas famílias que diferiram entre gerações foram as originadas dos cruzamentos que utilizaram o genitor Pukara e a família de Asterix/Eliza, as quais apresentaram tubérculos mais uniformes em tamanho na primeira geração de campo. Apenas foi possível agrupar as famílias na primeira geração campo, em que as famílias originárias dos cruzamentos com os genitores Pukara e Asterix, e a família de Caesar/C1750-15-95 formaram o grupo de maior média, ou seja, tubérculos com maior uniformidade de tamanho, enquanto as demais apresentaram uma menor uniformidade (Tabela 2).

Neste estudo, com referência aos caracteres componentes de rendimento (número de tubérculos, massa de tubérculos e massa média de tubérculos), todas as famílias foram superiores na geração de campo, o que era esperado, dado o volume limitado de substrato para o desenvolvimento dos tubérculos na geração de plântula. Esta menor produção de tubérculos de menor tamanho, têm sido reportada por alguns autores como sendo a principal dificuldade de aplicar a seleção na geração de plântula (BROWN et al., 1984; PINTO et al., 1999; GOPAL et al., 1994; VERISSIMO et al., 2012).

Quanto ao caráter número de tubérculos na geração de plântula, as médias das famílias foram separadas em três grupos, sendo aquelas derivadas de Pukara/C1750-15-95 e Pukara/Eliza destacadas com maior número de tubérculos por planta, enquanto no grupo de menor média ficaram as famílias de Caesar/C1750-15-95 e Caesar/Eliza. As demais famílias formaram um grupo intermediário. Na primeira geração de campo, foram formados três grupos, sendo o grupo

superior composto unicamente pela família de Asterix/Eliza, seguido do grupo constituído somente de Pukara/Eliza. As demais famílias compuseram o grupo inferior, de menor média. O caráter número de tubérculos é importante na geração de plântulas, pois possibilita levar a campo na primeira geração campo uma parcela mais representativa, com um maior número de indivíduos por genótipo, conferindo uma maior segurança para a seleção nessa geração.

Quanto ao caráter massa de tubérculos, as médias famílias não apresentaram diferenças significativas na geração de plântula, ao passo que na primeira geração de campo as famílias foram agrupadas em dois grupos, com as famílias de Pukara/Eliza, Asterix/Eliza, Rioja/C1730-7-94 e Rioja/Eliza, constituindo o grupo superior de maior rendimento de tubérculos por planta.

Em relação ao caráter massa média de tubérculos, as médias das famílias foram separadas em ambas as gerações. Na geração de plântula, as famílias foram separadas em dois grupos. As famílias de Rioja/C1730-7-94, Rioja/C1750-15-95, Asterix/C1730-7-94, Caesar/C1730-7-94 e Rioja/Eliza constituíram o grupo com tubérculos de maior massa média. Na primeira geração de campo as médias das famílias formaram quatro grupos, com destaque para as famílias de Rioja/Eliza e Caesar/C1750-15-95 do grupo superior, seguido do grupo composto pelas famílias de Rioja/C1730-7-94 e Caesar/C1730-7-94.

Os caracteres saliência de sobrançelha, uniformidade de formato, curvatura e apontamento de tubérculos apenas apresentaram diferenças significativas entre as gerações, não sendo detectadas diferenças entre as famílias ou interação significativa. Embora o tamanho reduzido de tubérculos na geração de plântula dificulte a avaliação visual de alguns caracteres (VERISSÍMO et al., 2012), para saliência da sobrançelha, curvatura e apontamento de tubérculo, foi possível verificar nos tubérculos com estas características, observada pelas menores notas, ou seja, maior número de tubérculos com sobrançelha salientes, curvados e apontados na geração de plântulas. Em relação ao caráter uniformidade de formato de tubérculo, os tubérculos apresentaram maior média, ou seja, tubérculos mais uniformes na geração de plântula quando comparados a primeira geração de campo.

Considerando os resultados de todos os caracteres em conjunto, destacaram-se as famílias de Pukara/Eliza, Asterix/Eliza e Rioja/Eliza, por apresentarem as melhores médias em um maior número de caracteres de aparência e de rendimento de tubérculo.

Conclusões

Pode se aplicar seleção com intensidade de leve a moderada na geração de plântula para os caracteres textura de película, aparência geral de tubérculo, número, massa e massa média de tubérculos, com base nas estimativas de herdabilidade moderada a alta obtidas na geração de plântula. Os maiores ganhos de seleção foram nos caracteres textura de película, aparência geral de tubérculo, número, massa e massa média de tubérculos.

Referências

- BROWN, J.; CALIGARI, P.D.S.; MACKAY, G.R.; SWAN, G.E.L. The efficiency of seedling selection by visual preference in a potato breeding programme. *Journal of Agricultural Science*, v.103, p.339-346, 1984.
- CAMPOS, H. de. Estatística experimental não-paramétrica. 4. ed. Piracicaba: FEALQ, 1983. 349p.
- CARVALHO, F.I.F.; LORENCETTI, C.; BENIN, G. Estimativas e implicações da correlação no melhoramento vegetal. Pelotas: Editora e Gráfica Universitária – UFPel, 2004. 142p.
- CRUZ, C.D. Programa Genes: biometria. Viçosa: UFV, 2006. 382p.
- CRUZ, C.D.; CARNEIRO, P.C.S. Modelos biométricos aplicados ao melhoramento genético. Viçosa: Editora UFV, 2006. 585p.
- CRUZ, C.D.; REGAZZI, A.J. Métodos biométricos aplicados ao melhoramento genético. Viçosa, UFV, 2001, 390p.
- DUDLEY, J.W.; MOLL, R.H. Interpretation and use of estimation of heritability and genetic variance in plant breeding. *Crop Science*, v. 2, n. 3, p. 257-262, 1969.
- GEBHARDT, C.; LI, L.; PAJEROWSKA-MUKTHAR, K.; ACHENBACH, U.; SATTARZADEH, A.; BORMANN, C.; ILARIONOVA, E.; BALLVORA, A. Candidate gene approach to identify genes underlying quantitative traits and develop diagnostic markers in potato. *Crop Science*, v. 47(S3), p. S106-S111, 2007.
- GOPAL, J.; GAUR, P.C.; RANA, M.S. Hereditability intra- and inter-generation associations between tuber yield and its components in potato (*Solanum tuberosum* L.). *Plant breeding*, v. 12, p. 82-83. 1994.
- 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 tubers having long shape and russet skin. *American Potato Journal*, v. 74, n. 3, p. 199-213, 1997.
- MARIS, B. Correlations within and between characters between and within generations as a measure for the early generation selection in potato breeding. *Euphytica*, v. 37, p. 205-209, 1988.
- MELO, P.E. de. Cultivares de batata potencialmente úteis para processamento na forma de fritura no Brasil e manejo para obtenção de tubérculos adequados. *Informe Agropecuário*, v.20, p.112-119, 1999.
- PEREIRA, A.S.; DANIELS J. (Org.). O cultivo da batata na região sul do Brasil. Brasília: Embrapa Informação Tecnológica/Embrapa Clima Temperado, 2003. 567 p.
- PINTO, C.A.B. Melhoramento genético de batata. *Informe Agropecuário*. Belo Horizonte, v. 20, n. 197, p. 120-128, 1999.

- RODRIGUES, A.F.S.; PEREIRA, A.S. Correlações inter e intragerações e herdabilidade de cor de chips, matéria seca e produção em batata. *Pesquisa Agropecuária Brasileira*, v. 38, p. 599-604, 2003.
- SILVA, G.O.; PEREIRA, A.S.; SOUZA, V.Q.; CARVALHO, F.I.F.; VIEIRA, E.A. Qualidade de película de famílias clonais de batata. *Bragantia*, v. 67, p. 633-638. 2008.
- SILVA, G.O.; PEREIRA, A.S.; SOUZA, V.Q.; CARVALHO, F.I.F.; NETO, R.F. Parâmetros genéticos em primeiras gerações de seleção em batata (*Solanum tuberosum* L.). *Magistra*, v. 19: p. 98-103, 2007.
- SIMMONDS, N.W. Principles of crop improvement. New York: Longman, 1979. 408 p.
- TAI, G.C.C.; YOUNG, D.A. Early generation selection for important agronomic characteristics in a potato breeding population. *American Potato Journal*, v. 61, p. 419-434, 1984.
- VENCOVSKY, R.; BARRIGA, P. Genética biométrica no fitomelhoramento. Ribeirão Preto: Sociedade Brasileira de Genética, 1992. 486 p.
- VERÍSSIMO, M.A.; PEREIRA, A.S.; SILVA, S.D.A.; TERRES, L.R.; NEY, V.G.; SILVA, G.O. Expressão e caracteres de tubérculos em função do tamanho de recipiente usado no cultivo de batata na geração de plântulas. *Revista Ceres*, v. 59, n.6, p. 739-745, 2012.

Tabela 1. Resumo da análise da variância conjunta para componentes de rendimento e de aparência de tubérculo de batata na geração de plântula em casa-de-vegetação e primeira geração de campo. Pelotas, Embrapa, 2014.

Fonte de variação	Gl	Quadrado médio											
		PEL ¹	SOB	FOR	UFO	APO	CUR	APA	TAM	UTA	NTU	MAS	MAM
Blocos	2	0,57	0,69	0,53	0,96	1,68	0,88	0,06	0,46	0,98	0,47	759,45	3,52
Famílias (F)	11	1,60*	1,06	1,12*	1,21	1,34	1,28	0,14	0,84	0,98	2,87*	811,15*	102,10*
Ambiente (A)	1	6,78*	68,83*	1,07	29,77*	14,85*	20,37*	106,33*	6,00*	20,16*	74,92*	1042678,7*	30090,13*
FxA	11	1,96*	1,01	1,10*	0,67	1,49	1,44	0,49*	0,84	1,48*	1,18*	574*	39,02*
Erro	44	0,38	0,78	0,48	0,88	0,76	0,83	0,09	0,45	0,77	0,20	291,34	7,15
CV(%)		12,79	12,64	12,68	14,32	10,94	11,27	9,86	11,84	14,13	10,01	10,37	7,83
Média	-	4,84	7,01	5,47	6,57	8,01	8,10	3,18	5,70	6,22	4,35	164,51	34,15
CVg/CV(%)		0,73	0,24	0,47	0,24	0,35	0,29	0,27	0,38	0,21	1,46	0,54	1,48

¹PEL: textura de película; FOR: formato; UFO: uniformidade de formato; APO: apontamento; CUR: curvatura; APA: aparência geral; TAM: tamanho; UTA: uniformidade de tamanho; NTU: número de tubérculos; MAS: massa de tubérculos; e MAM: massa média de tubérculos.

*Significativo a 5% de probabilidade de erro pelo teste F.

Tabela 2. Médias e parâmetros genético de doze famílias segregantes de batata para caracteres de aparência de tubérculo avaliados na geração de plântula (G1) e primeira geração de campo (G2). Pelotas, 2014.

Cruzamento Parâmetro	PEL				FOR				APA				UTA			
	G1		G2		G1		G2		G1		G2		G1		G2	
Caesar/C1730-7-94	6,10	A a	4,20	B a	6,53	A a	6,00	A a	2,10	B a	4,00	A b	6,53	A b	5,43	A a
Pukara/C1730-7-94	5,83	A a	4,00	B a	5,80	A a	5,13	A a	2,23	B a	3,83	A b	7,60	A a	5,43	B a
Asterix/Eliza	6,10	A a	4,33	B a	5,73	A a	5,30	A a	2,40	B a	4,10	A b	7,66	A a	5,34	B a
Pukara/C1750-15-95	5,50	A a	4,90	A a	6,23	A a	5,26	A a	2,07	B a	4,33	A b	7,70	A a	6,06	B a
Rioja/Eliza	5,20	A a	4,60	A a	5,70	A a	5,03	A a	1,90	B b	4,57	A a	6,23	A b	5,85	A a
Asterix/C-1750-15-95	6,26	A a	4,33	B a	6,56	A a	5,63	A a	2,40	B a	4,43	A a	7,03	A a	5,80	A a
Pukara/Eliza	6,20	A a	5,13	B a	5,90	A a	5,00	A a	1,97	B a	4,43	A a	7,26	A a	5,20	B a
Rioja/C1730-7-94	3,70	B c	4,90	A a	4,83	A b	5,13	A a	1,80	B b	4,93	A a	6,04	A b	6,10	A a
Rioja/C1750-15-95	4,80	A b	4,23	A a	5,00	A b	5,30	A a	2,06	B a	4,24	A b	6,30	A b	5,60	A a
Caesar/C1750-15-95	4,20	A b	4,53	A a	5,73	A a	4,93	A a	1,77	B b	4,87	A a	6,93	A a	5,90	A a
Caesar/Eliza	3,23	B c	4,40	A a	3,73	B c	5,70	A a	1,25	B c	4,46	A a	4,70	A b	5,83	A a
Asterix/C1730-7-94	4,63	A b	4,83	A a	5,40	A a	5,80	A a	1,73	B a	4,63	A a	7,03	A a	5,80	A a
CV (%)	16,27		5,42		17,26		3,51		16,90		6,56		17,55		4,35	
h ²	78,21		83,05		50,05		90,25		64,50		74,35		33,91		75,06	
CVg (%)	17,80		6,92		9,97		6,17		13,15		6,45		7,42		4,43	
Média	5,14		4,53		5,59		5,35		1,97		4,49		6,75		5,69	
Gs (%)	20,02		8,14		8,97		8,10		12,17		7,07		5,50		4,90	

¹PEL: Textura de película; FOR: Formato de tubérculos; APA: Aparência geral dos tubérculos; UTA: Uniformidade de tamanho dos tubérculos.

²Médias seguidas de letras maiúsculas iguais na linha e minúsculas na coluna pertencem ao mesmo grupo, segundo o teste de Scott-Knott, a 5% de probabilidade de erro.

Tabela 3. Médias e parâmetros genéticos de doze famílias segregantes de batata para caracteres de rendimento de tubérculo avaliados na geração de plântula e primeira geração de campo. Pelotas, 2014.

Cruzamento	NUM ¹						MAS						MAM					
Parâmetro	G1			G2			G1			G2			G1			G2		
Pukara/Eliza	5,00	B ²	a	6,49	A	b	51,83	B	a	300,12	A	a	12,00	B	b	48,33	A	d
Pukara/C1750-15-95	4,90	B	a	5,37	A	c	49,40	B	a	260,75	A	b	11,33	B	b	49,50	A	d
Asterix/Eliza	3,90	B	b	7,63	A	a	39,73	B	a	327,58	A	a	11,76	B	b	50,76	A	d
Pukara/C1730-7-94	3,70	B	b	5,66	A	c	42,10	B	a	259,71	A	b	12,40	B	b	48,83	A	d
Rioja/C1730-7-94	3,63	B	b	5,19	A	c	50,90	B	a	305,79	A	a	17,06	B	a	59,46	A	b
Asterix/C-1750-15-95	3,40	B	b	5,97	A	c	38,40	B	a	267,96	A	b	13,00	B	b	44,93	A	d
Rioja/Eliza	3,40	B	b	4,86	A	c	56,43	B	a	304,21	A	a	18,20	B	a	65,66	A	a
Caesar/C1750-15-95	3,33	B	b	4,78	A	c	40,70	B	a	282,33	A	b	13,80	B	b	62,90	A	a
Asterix/C1730-7-94	3,30	B	b	5,41	A	c	47,86	B	a	272,04	A	b	15,06	B	a	54,33	A	c
Rioja/C1750-15-95	3,13	B	b	5,14	A	c	44,80	B	a	274,71	A	b	15,30	B	a	55,36	A	c
Caesar/C1730-7-94	2,83	B	c	4,79	A	c	42,93	B	a	274,87	A	b	14,93	B	a	59,73	A	b
Caesar/Eliza	1,96	B	c	5,35	A	c	25,16	B	a	288,21	A	b	9,66	B	b	55,33	A	c
CV (%)	16,21			4,89			16,18			7,72			19,86			4,85		
h ²	83,72			96,33			74,24			62,64			60,11			94,26		
CVg (%)	21,22			14,47			15,86			5,77			14,08			11,36		
Média	3,54			5,56			44,18			284,66			13,71			54,59		
Gs (%)	24,69			18,06			17,37			5,81			13,88			14,03		

¹NUM: número de tubérculos; MAS: Massa de tubérculos; MAM: Massa média de tubérculos

²Médias seguidas de letras maiúsculas iguais na linha e minúsculas na coluna pertencem ao mesmo grupo, segundo o teste de Scott-Knott, a 5% de probabilidade de erro.

Tabela 4. Médias e parâmetros genéticos para caracteres de aparência de tubérculo avaliados na geração de plântula e primeira geração de campo. Pelotas, 2014.

Ambiente	SOB ¹	UFO	CUR	APO	TAM
Geração de plântula	6,02 b ²	7,21 a	7,58 b	7,56 b	5,41 b
1ª geração de campo	7,98 a	5,93 b	8,64 a	8,47 a	5,99 a
h ²	49,21	32,07	34,82	43,52	60,98
CVg (%)	4,56	6,51	3,36	3,87	3,79
Média	7,01	6,57	8,10	8,01	5,69
Gs (%)	3,42	4,28	1,55	2,12	6,51

¹SOB: saliência da sobancelha; UFO: uniformidade de formato; CUR: curvatura de tubérculo; APO: apontamento de tubérculo; TAM: tamanho de tubérculo.

²Médias seguidas de mesma letra na coluna pertencem ao mesmo grupo, segundo o teste de Scott-Knott, a 5% de probabilidade de erro.

5. ASSOCIAÇÃO ENTRE CARACTERES DE APARÊNCIA E RENDIMENTO DE TUBÉRCULOS EM GERAÇÕES INICIAIS DE BATATA

Associação entre caracteres de aparência e rendimento de tubérculos em gerações iniciais de seleção de batata

Association between tuber appearance and yield traits in early generations of selection of potatoes

Revista Semina Agrária (ISSN: 1676-546X)

Resumo

O objetivo do trabalho foi verificar correlações entre e dentro de gerações para caracteres componentes de aparência e rendimento de tubérculos nas gerações iniciais de seleção e suas implicações na seleção. Os experimentos foram realizados no campo experimental da Embrapa em Pelotas. Foram avaliadas 12 famílias segregantes de batata originadas de cruzamentos entre dois grupos de genitores, escolhidos aleatoriamente. O grupo 1 foi formado pelos genitores Pukara, Asterix, Rioja e Caesar (estrangeiros); e, o grupo 2 por: Eliza, C1730-7-94 e C1750-15-95 (nacionais). Foram realizados dois experimentos, cada um com uma geração de plântula e primeira geração de campo. O delineamento experimental foi em blocos ao acaso com três repetições. Foram realizadas análises de correlação entre e dentro das gerações. Os valores de herdabilidade estimados com base nos coeficientes de correlação entre gerações, sugerem que seleção poderia ser aplicada para os caracteres curvatura de tubérculo, tamanho de tubérculo e formato de tubérculo, mas de leve intensidade ou negativamente. No caso de considerar seleção para apontamento de tubérculos, número de tubérculo e massa média, estas deverão ser procedidas de forma negativa, isto é, descartando os indivíduos classificados como extremos negativos para os caracteres. As associações entre caracteres distintos entre as gerações, sugerem que pode ser feita seleção para massa de tubérculos com base nos caracteres tamanho e massa média de tubérculos, mas de leve intensidade ou negativamente.

Palavras-chave: *Solanum tuberosum* L., correlações, herdabilidade.

Abstract

The objective of this study was to evaluate correlations between and within generations for tuber appearance and tubers yield traits in early generations and selection, and their implications in selection. The experiments were conducted in the experimental field of Embrapa in Pelotas. Twelve segregating potato families originated from crosses between two groups of parents were evaluated. The first group was formed by foreign parents: Pukara, Asterix, Rioja and Caesar; and the second group formed by national parents: Eliza, C1730-7-94, and C1750-15-95. The experiment was conducted in autumn seasons of 2012 and 2013. The experimental design was a randomized complete block, with three replications. Correlation analyzes between and

within generations were performed. Estimates of heritability based on correlation coefficients between generations, suggest that selection might be applied to curvature, tuber size, and tuber shape, but at mild or negative intensity. If consider selection for appointment of tubers, tuber number, and average weight, they shall be proceeded in a negative way, discarding the individuals classified as negative for traits. Associations between different traits between generations, suggest that selection can be applied for tubers yield based on tuber size and tuber yield, but mild or negatively.

Key words: *Solanum tuberosum* L., correlations, heritability.

Introdução

Os programas de melhoramento de batata têm o desafio de disponibilizar permanentemente genótipos que atendam as exigências dos consumidores, produtores e indústria. Para isto, os melhoristas devem considerar muitos caracteres simultaneamente para o desenvolvimento de cultivares, entretanto, enfatizando na seleção daqueles de maior importância. Segundo Melo (2006), na identificação de clones superiores no processo de seleção é preciso avaliar, no conjunto, os caracteres de aparência de tubérculo e rendimento.

Geralmente, os programas de melhoramento de batata não aplicam seleção na geração de plântula, iniciando a partir da primeira geração de campo (PEREIRA; DANIELS, 2003). No entanto, a seleção na geração de plântula pode aumentar a eficiência do programa de melhoramento, aumentando a qualidade da população que é levada às gerações de campo pela eliminação de genótipos inferiores (MARIS, 1988). Para alguns autores, a geração de plântula deveria servir apenas para produção de tubérculos para o plantio da geração seguinte no campo (ANDERSON; HOWARD, 1981; BROWN et al., 1984; GOPAL; MINOCHA, 1997). No entanto, outros autores consideram que a seleção para alguns caracteres na geração de plântula é importante para economizar recursos consideráveis em um programa de melhoramento, diminuindo o tamanho da população na geração seguinte e aumentando a frequência de genótipos com melhores características nas gerações posteriores de seleção (LOVE et al., 1997; BISOGNIN; DOUCHES, 2002; XIONG et al., 2002; SILVA et al., 2008).

Em alguns casos, a seleção, quando praticada na geração de plântula, visa apenas eliminar genótipos com tubérculos apresentando defeitos fisiológicos externos e película indesejável quanto à aspereza e cor. A exclusão de genótipos inferiores, por meio da seleção em gerações iniciais, evita que estes genótipos sejam mantidos nos ensaios de campo, proporcionando reduções consideráveis de custos pela menor utilização de insumos, área de plantio e mão de obra (MARIS, 1988; SILVA; PEREIRA, 2011).

A seleção indireta através de caracteres correlacionados, pode permitir que caracteres complexos, governados por vários genes e muitas vezes com grande ação do ambiente, possam

ser melhorados através da seleção de caracteres menos complexos ou de mais fácil medição ou identificação, com maior herdabilidade (BAKER, 1986; CRUZ; REGAZZI, 2001). Assim, caracteres complexos de batata poderiam ser selecionados por meio da seleção de seus componentes. A seleção para alguns caracteres, com maiores herdabilidades, pode ser eficiente quando efetuada nas primeiras gerações de propagação.

Um estimador da herdabilidade é a correlação dos caracteres entre gerações (MARIS, 1988; SILVA; PEREIRA, 2011). Isto demonstra o grau de associação entre as variáveis analisadas, portanto alterações sofridas por uma delas são acompanhadas por modificações nas outras. Esta pode ser decomposta em correlação genética (sem influência do ambiente), fenotípica (considera fatores genéticos e de ambiente) e ambientais (causas não genéticas) (CARVALHO et al., 2004).

O objetivo do presente trabalho foi verificar correlações entre e dentro de gerações para caracteres componentes de aparência e rendimento de tubérculos, nas gerações iniciais, e suas implicações na seleção.

Material e métodos

Os experimentos foram realizados no campo experimental da Embrapa Clima Temperado em Pelotas, RS (latitude 31°40'18" Sul, longitude 52°26'15" Oeste, 60 m acima do nível do mar). Foram avaliadas 12 famílias de batata, originadas de cruzamentos controlados entre os genitores introduzidos: 'Pukara', 'Asterix', 'Rioja' e 'Caesar', e genitores desenvolvidos no programa de melhoramento da Embrapa: 'Eliza', 'C1750-15-95' e 'C1730-7-94'. As combinações proporcionaram a formação de 12 famílias para avaliação.

Foram realizados dois experimentos: Experimento 1 conduzido nas safras de outono de 2010 e de 2011 e Experimento 2 conduzido nas safras de outono de 2012 e de 2013. Cada experimento foi constituído de uma geração de plântula e primeira geração de campo.

Nas safras de outono de 2010 e 2012 foram produzidas as gerações de plântula, em casa-de-vegetação. As sementes botânicas foram germinadas em sementeiras e as plântulas transplantadas para sacos plásticos, contendo dois litros de substrato organo-mineral, para produção de tubérculos da geração de plântulas. As plântulas emergidas foram distribuídas em blocos ao acaso, com três repetições. Cada parcela foi composta por uma amostra de 25 plântulas tomadas aleatoriamente no momento do transplante, para representar o cruzamento. O espaçamento entre plântulas dentro da linha e entre linhas foi de 0,10 m. As plântulas foram mantidas nessas condições até o momento da colheita, aos 80 dias. Os tubérculos foram identificados e transportados para instalações apropriadas, onde foram efetuadas as avaliações. Após as avaliações, os tubérculos foram armazenados em câmara fria, a 4°C para serem utilizados na respectiva primeira geração de campo.

Nas safras de outono de 2011 e 2013 foi produzida a primeira geração de campo correspondente a cada geração de plântula. Assim, no outono de 2011 utilizou-se os tubérculos armazenados da geração de plântula de 2010 e na safra de outono de 2013 os tubérculos da geração de plântula de 2012.

Na primeira geração de campo, três tubérculos de tamanho médio de cada clone foram plantados a campo, formando a unidade experimental, e utilizando-se os mesmos delineamentos experimentais da geração de plântula. Os tratamentos culturais e fitossanitários foram similares aos realizados em plantios comerciais da região. As parcelas foram colhidas e logo após foram realizadas as avaliações dos tubérculos.

Para avaliação dos caracteres componentes de aparência de tubérculos utilizou-se uma escala de notas com nove pontos de classificação dos tubérculos, atribuindo valores entre um (1) e nove (9), conforme elucidado a seguir: textura do tubérculo (1- áspero, 9- liso), profundidade da gema (1- profunda, 9- superficial), saliência da sobrançela (1- saliente, 9- superficial), formato do tubérculo (1- arredondado, 9- alongado), uniformidade de formato dos tubérculos (1- desuniforme, 9- uniforme), apontamento de tubérculo (1- apontado, 9- não apontado), curvatura de tubérculo (1- curvado, 9- não curvado), achatamento de tubérculo (1- achatado, 9- não achatado), tamanho de tubérculo (1- pequeno, 9- grande), uniformidade de tamanho dos tubérculos (1- desuniforme, 9- uniforme) e aparência geral dos tubérculos (1- ruim, 9- ótima). Foram considerados tubérculos de ótima aparência aqueles que apresentaram conjuntamente, película lisa, gemas rasas, sobrançela superficial, boa uniformidade de formato, não apontado, não curvado, não achatado e boa uniformidade de tamanho. Os caracteres de rendimento de tubérculos avaliados foram: número de tubérculos por planta, massa total de tubérculos por planta (g.planta^{-1}) e massa média de tubérculos (g).

Os dados foram verificados quanto à normalidade de distribuição dos erros (Lilliefors) (CAMPOS, 1983). Foi utilizado o programa computacional 'SAS Learning Edition' (2002) para análise de variância e para determinar o grau de associação entre os caracteres em estudo, pela análise de correlação de Spearman (r) em todas gerações e entre as gerações de plântula e gerações clonais. As magnitudes dos coeficientes de correlação foram classificadas conforme Carvalho et al. (2004), sendo: $r = 0$ (nula); $0 < r \leq 0,30$ (fraca); $0,30 < r \leq 0,60$ (média); $0,60 < r \leq 0,90$ (forte); $0,90 < r \leq 1$ (fortíssima) e $r = 1$ (perfeita).

Resultados e discussão

Na averiguação da normalidade dos dados, no experimento de 2012 e 2013 os caracteres profundidade da gema e achatamento de tubérculo não apresentaram distribuição normal de erros, mesmo após transformação e, sendo assim, foram desconsiderados das análises estatísticas. De acordo com a análise de variância conjunta dos dados, entre a geração de plântula de 2010 e geração de campo de 2011, todos os caracteres foram significativos em diferenciar as famílias estudadas, com exceção de uniformidade de formato dos tubérculos.

Em relação às gerações de plântula de 2012 e geração de campo de 2013, apenas o caráter uniformidade de formato não apresentou diferenças significativas entre famílias e anos, enquanto para os demais caracteres foram detectadas diferenças. A interação progênie x gerações foi significativa no primeiro experimento para os caracteres textura de película, formato de tubérculos, aparência geral, uniformidade de tamanho, número de tubérculos, massa total e massa média de tubérculos, enquanto que no segundo experimento a interação foi significativa para os caracteres textura de película, formato de tubérculos, apontamento, curvatura, aparência geral, uniformidade de tamanho, número de tubérculos, massa total e massa média de tubérculos.

Os coeficientes de variação, indicativos da precisão experimental, variaram de 5,85% para apontamento de tubérculo a 14,5% para textura de película nas gerações de plântulas e de 4,35% para massa de tubérculos a 17,45% para formato de tubérculos nas gerações clonais, estando dentro do reportado na literatura nestas gerações (ANDREU, 2005; SILVA et al., 2007; VERÍSSIMO et al., 2012).

A correlação entre gerações é uma estimativa de herdabilidade dos caracteres (SILVA; PEREIRA, 2011). Neste estudo, as correlações entre gerações foram positivas e significativas em ambos experimentos para os caracteres textura da película, formato, apontamento, curvatura, aparência, tamanho, número, massa e massa média de tubérculos (Tabela 1 e 2).

Os maiores coeficientes de correlação entre a geração de plântula e primeira geração de campo foram positivos e fortes para o caráter massa de tubérculos ($r = 0,64$ e $r = 0,72$, tabelas 1 e 2, respectivamente), indicando a possibilidade de seleção para este caráter já na geração de plântula. Brown e Caligari (1986) também verificaram que rendimento de tubérculos apresentou correlação moderada e significativa entre a geração de plântula e primeira geração de campo, sugerindo que a seleção para rendimento na geração de plântulas poderia ser eficiente. Entretanto, os resultados obtidos neste estudo para massa são distintos do que foi encontrado por outros autores, que reportaram coeficientes menores para este caráter entre as gerações (SILVA et al., 2008; GALARRETA et al., 2006; GOPAL, 1997).

Coefficientes de correlação médios entre gerações foram encontrados para os caracteres curvatura de tubérculo ($r = 0,48$ e $r = 0,42$), tamanho de tubérculo ($r = 0,31$ e $r = 0,34$) e formato de tubérculo ($r = 0,38$ e $r = 0,31$). Assim, seleção para estes caracteres componentes de aparência

poderia ser aplicada na geração de plântula, mas de leve intensidade ou negativamente. Para formato de tubérculos, Silva et al. (2008) verificaram uma maior associação entre estas gerações e sugeriram que pode ser aplicado uma maior pressão de seleção para este caráter. Rigão et al. (2009), em estudo com as três primeiras gerações clonais de seleção, observaram a correlação para os caracteres comprimento de tubérculo, medida do maior diâmetro e medida do menor diâmetro, e verificaram que o comprimento de tubérculo apresentou a maior associação entre os tubérculos plantados e colhidos, indicando que a seleção nas gerações iniciais seria eficiente.

As correlações entre gerações para apontamento de tubérculos ($r = 0,26$ e $0,32$), número de tubérculo ($r = 0,26$ e $0,36$) e massa média ($r = 0,24$ e $0,51$) foram fracas a médias, indicando que se aplicada a seleção, esta deve ser negativa, isto é, descartando os clones classificados como extremos negativos. Correlações foram significativas, mas fracas para os caracteres textura de película ($r = 0,24$ e $0,25$) e aparência geral de tubérculos ($r = 0,20$ e $0,22$), em ambos os experimentos, resultados similares aos valores encontrados por Silva et al. (2008). Estas estimativas fracas de correlação indicam que seleção não deve ser realizada para estes caracteres na geração de plântula.

Correlações médias e positivas para caracteres distintos entre as gerações foram verificadas entre os caracteres curvatura e apontamento de tubérculo ($r = 0,35$ e $r = 0,40$), e entre massa e massa média de tubérculo ($r = 0,52$ e $r = 0,56$).

Os caracteres tamanho e massa de tubérculos também foram positivos e medianamente correlacionados entre as duas gerações nos dois experimentos ($r = 0,50$ e $r = 0,52$), sugerindo que a seleção para tamanho de tubérculo afetaria positivamente o rendimento de tubérculos. Estas consistentes correlações indicam associações genéticas entre estes caracteres, e que seleção para um destes caracteres na geração de plântula responderia positivamente na primeira geração de campo.

Também foram calculadas outras correlações significativas entre caracteres distintos entre as gerações, mas que não se repetiram nos dois experimentos, portanto não consistentes

As correlações entre os caracteres dentro de cada geração nos dois experimentos estão apresentadas nas tabelas 3 e 4, foram avaliadas pela magnitude, significância e consistência, isto é, presentes nas duas gerações dos dois experimentos. A correlação entre curvatura e apontamento de tubérculo foi positiva e variou de média a forte, e positiva ($r = 0,57$ a $0,78$), o que indica que tubérculos menos apontados são menos curvados, são correlações desejáveis do ponto de vista do melhoramento (SILVA et al., 2014).

Massa de tubérculo correlacionou-se positivamente com número de tubérculos, variando de média a forte ($r = 0,37$ a $0,73$) e moderadamente com massa média de tubérculos ($r = 0,31$ a $0,64$), indicando que quanto maior o número e massa média de tubérculos, maior a massa total. Esses resultados concordam com os obtidos por outros autores nestas gerações (SILVA et al., 2007; SILVA et al., 2014).

Tamanho de tubérculo correlacionou-se positivamente com massa e massa média de tubérculo, com média a forte intensidade ($r = 0,29$ a $0,64$, $r = 0,36$ a $0,87$, respectivamente), sugerindo que a seleção para tamanho afetaria positivamente tanto o rendimento, e como esperado a massa média de tubérculo.

Formato de tubérculo correlacionou-se negativamente com apontamento e curvatura de tubérculo, de fraca a média intensidade ($r = -0,27$ a $-0,42$; $r = -0,28$ a $-0,44$, respectivamente), indicando que formatos mais alongados há maior expressão dos caracteres apontamento e curvatura, concordando com o reportado por outros autores que formato mais arredondado desfavorece a curvatura e apontamento de tubérculos (SILVA et al., 2007; SILVA et al., 2014).

Número e massa de tubérculo correlacionaram-se positivamente com aparência de tubérculo, com fraca a média intensidade ($r = 0,17$ a $0,34$, $r = 0,14$ a $0,52$, respectivamente), indicando que a seleção para os dois componentes básicos de rendimento afetariam positivamente a aparência geral de tubérculo, concordando com o reportado por Silva et al. (2014).

Aparência de tubérculo é um caráter complexo e normalmente de herdabilidade menor do que seus componentes (MARIS, 1988). Neste estudo, o caráter aparência geral de tubérculo se correlacionou de fraco a moderado com textura de película ($r = 0,26$ a $0,42$), saliência de sobrançela ($r = 0,13$ a $0,28$) e uniformidade de formato ($r = 0,13$ a $0,48$). Embora, em geral, de intensidade fraca, as correlações foram todas positivas.

Uniformidade de formato e uniformidade de tamanho de tubérculo tiveram correlação positiva, variando de fraca a média ($r = 0,15$ a $0,48$).

Conclusões

Os dados deste estudo permitem concluir que a seleção para massa de tubérculo pode ser feita já na geração de plântula. Os valores de herdabilidade estimados com base nas coeficientes de correlação entre gerações, sugerem que pode ser aplicada seleção para os caracteres curvatura de tubérculo, tamanho de tubérculo e formato de tubérculo, mas de leve intensidade ou negativamente.

No caso de considerar seleção para apontamento de tubérculos, número de tubérculo e massa média, estas devem ser procedidas de forma negativa, isto é, descartando os indivíduos classificados como extremos negativos para os caracteres.

Seleção na geração de plântula não deve ser realizada para textura de película e aparência geral de tubérculos.

As associações entre caracteres distintos entre as gerações, sugerem que pode ser feita seleção para massa de tubérculos com base nos caracteres tamanho e massa média de tubérculos, mas de leve intensidade ou negativamente.

Referências

- ANDERSON, J.A.D.; HOWARD H.W. Effectiveness of selection in the early stages of potato breeding programmes. **Potato Research**, v.24, p. 289-299, 1981.
- ANDREU, M.A. Associação entre características agronômicas da batata nos plantios de primavera e outono no Rio Grande do Sul. **Ciência e Agrotecnologia**, v. 29, p. 925-929. 2005.
- BAKER, R.J. **Selection indices in plant breeding**. Florida: CRC, 1986. 218p.
- BISOGNIN, D.A.; DOUCHES, D.S. Early generation selection for potato tuber quality in progenies of late blight resistant parents. **Euphytica**, v. 127, p. 1-9, 2002.
- BROWN J; CALIGARI PDS. The efficiency of seedling selection for yield and yield components in a potato breeding programme. **Pflanzenzüchtg**. v. 96, p.53-62. 1986.
- BROWN, J.; CALIGARI, P.D.S.; MACKAY, G.R.; SWAN, G.E.L. The efficiency of seedling selection by visual preference in a potato breeding programme. **Journal of Agricultural Science**, v.103, p. 339-346, 1984.
- CAMPOS, H. de. Estatística experimental não-paramétrica. 4. ed. Piracicaba: FEALQ, 1983. 349p
- CARVALHO, F.I.F.; LORENCETTI, C.; BENIN, G. **Estimativas e implicações da correlação no melhoramento vegetal**. Pelotas: Editora e Gráfica Universitária – UFPel, 2004. 142p.
- CRUZ, C.D.; REGAZZI, A.J. **Métodos biométricos aplicados ao melhoramento genético**. Viçosa, UFV: Imprensa Universitária, 2001. 390p.
- GALARRETA, J.I.R.; EZPELETA, B.; PASCUALENA, J. RITTER, E. Combining ability and correlations for yield components in early generations of potato breeding. **Plant Breeding**, v.125, p.183-186. 2006.
- GOPAL, J. Progeny Selection for agronomic characters in early generations of a potato breeding program. **Theoretical and Applied Genetics**, v.95, p. 307-311. 1997.
- GOPAL, J., MINOCHA, J.L. Effectiveness of selection at microtuber crop level in potato. **Plant Breeding**, v. 116, p. 293-295. 1997.
- 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 tubers having long shape and russet skin. **American Potato Journal**, v. 74, n. 3, p. 199-213, 1997.
- MARIS, B. Correlations within and between characters between and within generations as a measure for the early generation selection in potato breeding. **Euphytica**, v. 37, p. 205-209, 1988.
- MELO, P.E.; BUSO, J.A.; LOPES, C.A. Rede Melhor Batata: foi dado o primeiro passo! **Batata Show**, ano 6, n. 16, p. 7-8, 2006.
- PEREIRA, A.S.; DANIELS, J. **O Cultivo da Batata na Região Sul do Brasil**, Brasília: Embrapa Informação Tecnológica, 2003. 567p.
- RIGÃO, M. H.; STORCK, L.; BISOGNIN, D.A.; LOPES, S.J. Correlação canônica entre caracteres de tubérculos para seleção precoce de clones de batata. **Ciência Rural**, v.39, p. 2347-2353. 2009.
- SAS LEARNING EDITION. **Getting Started with the SAS Learning Edition**. Cary: SAS Institute, 2002. 81 p.
- SILVA, , G.O; NEY, V.G.; PEREIRA, A.R.; TERRES, L.R. Relações entre caracteres de tubérculo de batata nas primeiras gerações de seleção. **Revista Ceres**. v. 61, n.3, p. 370-376. 2014.

SILVA, G.O.; PEREIRA, A.S. Seleção em gerações iniciais para caracteres agronômicos em batata. **Horticultura Brasileira**, v.29, p.449-455, 2011.

SILVA, G.O.; PEREIRA, A.S.; SOUZA, V.Q.; CARVALHO F.I.F.; NETO, R.F. Seleção para caracteres fenotípicos de tubérculos nas primeiras gerações de batata. **Revista Ceres**, vol. 55, p. 168-172. 2008.

SILVA, G.O.; PEREIRA A.S.; SOUZA, V.Q.; CARVALHO F.I.F.; NETO, R.F. Parâmetros genéticos em primeiras gerações de seleção em batata (*Solanum tuberosum* L.) **Magistra**, v. 19, p. 98-103, 2007.

VERÍSSIMO, M.A.; PEREIRA, A.S.; SILVA, S.D.A.; TERRES, L.R.; NEY, V.G.; SILVA, G.O. Expressão e caracteres de tubérculos em função do tamanho de recipiente usado no cultivo de batata na geração de plântulas. **Revista Ceres**, v. 59, n.6, p. 739-745, 2012.

XIONG, X.; TAI, G.C.C.; SEABROOK, J.E.A. Effectiveness of selection for quality traits during the early stage in the potato breeding population. **Plant Breeding**, v. 121, p. 441-444, 2002.

Tabela 1. Coeficientes de correlação entre caracteres de aparência e de rendimento de tubérculos de batata entre a geração de plântula de 2010 e primeira geração de campo de 2011. Pelotas, 2014.

		Primeira geração de campo											
		PEL	SOB	FOR	UFO	APO	CUR	APA	TAM	UTA	NUM	MAS	MAM
Geração de plântula	PEL	0,25*											
	SOB	0,05	0,14*										
	FOR	0,14*	0,04	0,38*									
	UFO	0,04	0,08	0,10	0,04								
	APO	0,13*	0,04	0,45*	0,02	0,26*							
	CUR	0,12*	0,08	0,44*	0,02	0,35*	0,48*						
	APA	0,18*	0,02	0,02	0,02	0,02	0,02	0,20*					
	TAM	0,07*	0,02	0,12	0,04	0,06	0,08	0,22*	0,31*				
	UTA	0,01	0,10	0,08	0,02	0,06	0,02	0,04	0,08	0,02			
	NUM	0,23*	0,22*	0,25*	0,22*	0,10	0,08	0,10	0,54*	0,36*	0,26*		
	MAS	0,23*	0,18*	0,18*	0,10	0,06	0,06	0,22*	0,50*	0,26*	0,18*	0,64*	
	MAM	0,03	0,08	0,10	0,06	0,02	0,02	0,18*	0,10	0,02	0,04	0,52*	0,24*

¹PEL: Textura de película; SOB: Saliência de sobancelha; FOR: Formato de tubérculo; UFO: Uniformidade de formato; APO: Apontamento; CUR: Curvatura; APA: Aparência de tubérculos; TAM: Tamanho de tubérculos; UTA: Uniformidade de tamanho; NUM: Número de tubérculos; MAS: Massa de tubérculos; MAM: Massa média de tubérculos. *Significativamente diferente de zero, a 1% de probabilidade do erro.

Tabela 2. Coeficientes de correlação entre caracteres de aparência e de rendimento de tubérculos de batata entre a geração de plântula de 2012 e primeira geração de campo de 2013. Pelotas, 2014.

		Primeira geração de campo											
		PEL	SOB	FOR	UFO	APO	CUR	APA	TAM	UTA	NUM	MAS	MAM
Geração de plântula	PEL	0,24*											
	SOB	-0,18*	0,08										
	FOR	0,10	0,07	0,31*									
	UFO	0,04	0,04	0,02	0,02								
	APO	0,06	0,03	-0,16*	0,02	0,32*							
	CUR	-0,02	0,03	-0,13*	0,02	0,40*	0,42*						
	APA	0,14	-0,01	0,07	0,11	0,13	0,22*	0,22*					
	TAM	0,22*	0,02	0,02	-0,01	-0,10	-0,12	0,02	0,34*				
	UTA	0,02	0,04	0,01	-0,04	0,02	0,10	-0,02	-0,36*	-0,12			
	NUM	0,14	-0,02	0,10	-0,05	0,12	0,08	-0,12	0,06	-0,06	0,36*		
	MAS	0,18*	0,02	0,01	0,01	-0,02	-0,02	0,02	0,52*	0,12	0,62*	0,72*	
	MAM	0,04	0,06	-0,07	0,06	-0,07	-0,05	0,22	0,50*	0,13	0,28*	0,56*	0,51*

¹PEL: Textura de película; SOB: Proeminência de sobrelha; FOR: Formato de tubérculo; UFO: Uniformidade de formato; APO: Apontamento; CUR: Curvatura; APA: Aparência geral de tubérculos; TAM: Tamanho de tubérculos; UTA: Uniformidade de tamanho; NUM: Número de tubérculos; MAS: Massa de tubérculos; MAM: Massa média de tubérculos. *Significativamente diferente de zero, a 1% de probabilidade do erro.

Tabela 3. Coeficientes de correlação entre caracteres componentes de aparência e rendimento de tubérculos de batata na geração de plântula de 2010 (diagonal inferior) e primeira geração de campo de 2011 (diagonal superior). Pelotas, 2014.

	PEL	SOB	FOR	UFO	APO	CUR	APA	TAM	UTA	NUM	MAS	MAM
PEL	-	0,05	0,13*	0,08	-0,06	-0,04	0,26*	0,07	0,07	0,03	0,07	0,05
SOB	-0,15*	-	0,16*	0,09*	0,13*	0,12*	0,28*	0,04	0,11*	0,10*	0,09*	0,03
FOR	0,24*	-0,23*	-	-0,11*	-0,27*	-0,28*	0,24*	0,29*	-0,15*	0,06	0,19*	0,21*
UFO	0,03	0,14*	-0,20*	-	0,08	0,14*	0,20*	-0,04	0,21*	-0,04	0,03	0,10*
APO	-0,18*	0,19*	-0,42*	0,03	-	0,57*	0,07	0,07	-0,02	0,03	-0,02	0,00
CUR	-0,19*	0,21*	-0,44*	0,08	0,61*	-	0,03	-0,09*	0,15*	-0,07	-0,06	0,01
APA	0,36*	0,17*	0,04	0,11*	0,24*	0,20*	-	0,41*	-0,00	0,34*	0,51*	0,33*
TAM	0,18*	-0,25*	0,38*	-0,21*	-0,15*	-0,22*	0,13*	-	-0,35*	0,32*	0,64*	0,56*
UTA	-0,04	0,17*	-0,22*	0,48*	0,12*	0,17*	0,09*	-0,47*	-	-0,14*	-0,13*	-0,04
NUM	0,23*	-0,04	-0,04	-0,02	-0,05	0,01	0,22*	0,01	0,02	-	0,73*	-0,02
MAS	0,32*	-0,18*	0,25*	-0,04	-0,12*	-0,18*	0,27*	0,61*	-0,20*	0,37*	-	0,61*
MAM	0,12*	-0,16*	0,29*	-0,04	-0,07	-0,19*	0,08	0,65*	-0,25*	-0,39*	0,64*	-

¹ PEL: Textura de película; OLH: Profundidade de olho; SOB: Saliência de sobrelha; FOR: Formato de tubérculo; UFO: Uniformidade de formato; APO: Apontamento; CUR: Curvatura; APA: Aparência geral de tubérculos; TAM: Tamanho de tubérculos; UTA: Uniformidade de tamanho; NUM: Número de tubérculos; MAS: Massa de tubérculos; MAM: Massa média de tubérculos. * Significativamente diferente de zero, a 1% de probabilidade do erro.

Tabela 4. Coeficientes de correlação entre caracteres componentes de aparência e rendimento de tubérculos de batata na geração de plântula de 2012 (diagonal inferior) e primeira geração de campo de 2013 (diagonal superior). Pelotas, 2014.

	PEL	SOB	FOR	UFO	APO	CUR	APA	TAM	UTA	NUM	MAS	MAM
PEL	-	0,01	0,01	0,15*	-0,09	-0,10	0,42*	-0,01	0,09	0,00	-0,04	-0,06
SOB	-0,07	-	0,12*	-0,08	-0,30*	-0,32*	0,13*	0,02	0,07	-0,10	-0,05	0,03
FOR	0,17	-0,06	-	-0,08	-0,30*	-0,32*	0,06	0,07	-0,08	0,02	-0,03	-0,02
UFO	-0,02	0,06	-0,18*	-	0,07	0,13*	0,48*	0,10	0,38*	0,01	0,06	0,06
APO	-0,05	0,07	-0,28*	-0,03	-	0,78*	0,05	0,03	0,00	0,09	0,01	0,08
CUR	-0,11	0,12*	-0,37*	0,06	0,66*	-	0,10	0,03	0,04	-0,08	0,01	0,05
APA	0,35*	0,21*	0,04	0,13*	0,21*	0,17*	-	0,20*	0,31*	0,17*	0,23*	0,10
TAM	0,09	-0,12*	0,21*	-0,03	-0,13*	-0,14*	-0,03	-	0,08	0,04	0,57*	0,67*
UTA	-0,01	0,13*	-0,04	0,15*	0,02	-0,02	0,03	-0,25*	-	0,01	0,17*	0,22*
NUM	0,09	0,03	0,07	-0,06	0,15*	0,16*	0,23*	-0,05	0,06	-	0,62*	-0,28*
MAS	0,06	-0,08	-0,03	0,01	0,09	0,08	0,14*	0,29*	-0,11	0,51*	-	0,51*
MAM	0,00	-0,13*	0,04	0,08	-0,08	-0,11*	-0,05	0,36*	-0,18*	-0,52*	0,38*	-

¹ PEL: Textura de película; SOB: Saliência de sobrelance; FOR: Formato de tubérculo; UFO: Uniformidade de formato; APO: Apontamento; CUR: Curvatura; APA: Aparência geral de tubérculos; TAM: Tamanho de tubérculos; UTA: Uniformidade de tamanho; NUM: Número de tubérculos; MAS: Massa de tubérculos; MAM: Massa média de tubérculos. *Significativamente diferente de zero, a 1% de probabilidade do erro.

6. ESTIMATIVAS DE GANHOS GENÉTICOS POR DIFERENTES ÍNDICES DE SELEÇÃO EM TRÊS POPULAÇÕES HÍBRIDAS DE BATATA

Estimativas de ganhos genéticos por diferentes índices de seleção em três populações híbridas de batata

Submetido a Horticultura Brasileira (ISSN: 0102-0536)

RESUMO

O objetivo deste trabalho foi comparar a eficiência de diferentes índices de seleção de clones superiores de batata. O experimento foi realizado no campo experimental da Embrapa Clima Temperado em Pelotas, RS, na primavera de 2008. Foram estudadas três populações híbridas de batata derivadas de cruzamentos entre clones avançados do programa de melhoramento de batata da Embrapa e cultivares estrangeiras. O delineamento experimental foi blocos aumentados. O uso de índices de seleção resultou em maiores estimativas de ganhos de seleção, com melhor distribuição entre os caracteres avaliados. Os melhores índices de seleção encontrados para serem utilizados em programas de melhoramento de batata são os índices multiplicativo de Subandi *et al.* (1973) e o índice baseado na soma de "ranks" proposto por Mulamba & Mock (1978).

Palavras-chave: *Solanum tuberosum* L., melhoramento genético, herdabilidade.

ABSTRACT

Genetic gain estimates using different selection index methods in three potato hybrid populations

The objective of this study was to compare the efficiency of different selection index methods for superior potato clones. The experiment was conducted at the experimental field of Embrapa Temperate Agriculture in Pelotas, Brazil, in the spring season of 2008. Three hybrid populations of potato derived from crosses between advanced clones of Embrapa potato breeding program and foreign cultivars. The experimental design was an augmented block with four replicates. The use of selection indexes resulted in higher selection gains, with better distribution among traits. The best selection index found to be used in potato breeding programs are the multiplicative of Subandi *et al.* (1973) and the index based on the sum of "ranks" proposed by Mulamba & Mock (1978).

Keywords: *Solanum tuberosum*, selection gain, breeding.

INTRODUÇÃO

A batata (*Solanum tuberosum* L.) é o terceiro cultivo alimentar mais importante no mundo, superada em consumo apenas por arroz e trigo (FAO, 2012). No Brasil, a cultura está entre os dez principais produtos agrícolas e é a hortaliça de maior importância econômica (Pineli *et al.*, 2005). Os programas de melhoramento genético da cultura são essenciais para atender a crescente demanda por novas cultivares, possibilitando, com a ampliação da base genética, a seleção dos melhores genótipos capazes de superar os patamares atuais. Contudo, em batata, selecionar genótipos superiores não é uma tarefa fácil, uma vez que uma cultivar precisa combinar mais de 50 características (Ross, 1986). A seleção torna-se ainda um desafio maior para os melhoristas por as diferenças entre essas características serem cada vez menores e o número de caracteres maiores (Silva *et al.*, 2007).

Durante as várias gerações de seleção, atenção deve ser dada a caracteres que atendam da melhor forma possível aos consumidores (qualidade visual e culinária), aos produtores (maior rendimento) e as indústrias (qualidade de fritura). Dentre os caracteres de maior importância, se destacam a aparência de tubérculo, os caracteres componentes de rendimento e aqueles relacionados à qualidade industrial (Pereira, 2003).

Aparência de tubérculo é um caráter complexo e dependente de vários caracteres mais simples, apresentando assim baixa herdabilidade (Tai & Young, 1984; Silva *et al.*, 2008). No entanto, seus componentes, como a textura e a cor da película, apresentam herdabilidade de maior magnitude, que possibilitam maior eficiência de seleção (Love *et al.*, 1997; Silva *et al.*, 2007).

A seleção baseada em um ou em poucos caracteres pode se mostrar inadequada, uma vez que, conduz a um produto final superior apenas em relação aos caracteres selecionados (Cruz & Carneiro, 2006). Uma alternativa seria a seleção simultânea de um conjunto de caracteres de expressividade econômica, visando aumentar o êxito do programa de melhoramento. Desta forma, o melhoramento pode ser ainda mais efetivo com a utilização de índices de seleção, estabelecido pela combinação linear ótima de vários caracteres, para uma seleção simultânea (Cruz & Carneiro, 2006).

Na literatura são encontrados vários índices de seleção propostos para ser utilizados no melhoramento de plantas (Cruz, 2006). Apesar da aplicabilidade dos índices

de seleção ter sido reportada para diversas culturas (Granate *et al.*, 2002; Martins *et al.*, 2003; Costa *et al.*, 2004; Pedrozo *et al.*, 2009; Silva *et al.*, 2009; Vasconcelos *et al.*, 2010), em batata poucos são os estudos empregando índices de seleção (Tai, 1977; Barbosa & Pinto 1998; Lambert *et al.*, 2006), visto que nesta espécie são mais comumente utilizados os níveis independentes de eliminação como critério de seleção. Entretanto, o uso de índices de seleção pode melhorar o processo de seleção em batata, por ser mais eficiente que o método dos níveis independentes (Barbosa & Pinto, 1998).

O objetivo deste trabalho foi comparar a eficiência de diferentes índices de seleção por meio de seus ganhos estimados, na seleção de clones superiores de batata.

MATERIAL E MÉTODOS

O experimento foi realizado no campo experimental da Embrapa Clima Temperado em Pelotas, RS (latitude 31°40'18" Sul, longitude 52°26'15" Oeste, 60 m acima do nível do mar), durante a safra de primavera de 2008. O solo é classificado como Argissolo Vermelho-Amarelo Distrófico Típico, sendo fertilizado nas áreas de plantio com 2000 Kg.ha⁻¹ de NPK (5-30-10). Os tratos culturais e fitossanitários foram similares aos realizados em plantios comerciais da região.

Foram estudadas três populações híbridas de batata derivadas de cruzamentos entre clones avançados do programa de melhoramento de batata da Embrapa e cultivares estrangeiras: População C-1168 (n = 71), obtida do cruzamento Atlantic/C1226-35-80; população C-1172 (n = 55), derivada do cruzamento C1226-35-80/Vivaldi; e população C-1179 (n = 70), obtida do cruzamento Atlantic/Eliza. A cultivar Atlantic apresenta tubérculos com formato arredondados, película amarela e áspera, polpa amarela e gemas meio profundas; o clone C1226-35-80 apresenta tubérculos com formato ovalado e achatado, película amarela e levemente áspera, polpa branca e gemas rasas; e a cultivar Vivaldi apresenta tubérculos com formato ovalado, película amarela e lisa, polpa amarela e gemas rasas. Além das três populações, foram avaliadas as cultivares Agata, Monalisa, Eliza, Atlantic e Delta-S, e os clones avançados C1786-7-96, C1750-15-95 e C1742-8-95, como testemunhas, representando a amplitude de variação quanto aos caracteres avaliados. O delineamento experimental foi blocos aumentados (Federer, 1955). As testemunhas foram repetidas quatro vezes, num delineamento em blocos casualizados, e os clones das populações não foram repetidos: foram distribuídos ao acaso, nos blocos do

experimento. Cada bloco foi constituído por 49 parcelas, e cada uma, composta por três tubérculos, espaçados em 0,80 m entre fileiras e 0,30 m dentro da fileira.

Após a colheita, os tubérculos foram classificados quanto ao tamanho (tubérculos comerciais: >45 mm de diâmetro transversal; não comerciais: ≤45 mm) e avaliados em relação a caracteres componentes de rendimento: massa total de tubérculos, percentual de tubérculos comerciais e massa média de tubérculos, que foi obtida por meio da razão entre a massa total e o número de tubérculos. Posteriormente foi avaliada a textura da película dos tubérculos, utilizando escalas de notas de cinco pontos, onde os valores superiores foram atribuídos à película de textura lisa. Para facilitar a visualização da textura, os tubérculos foram lavados imediatamente antes da avaliação.

As análises estatísticas foram efetuadas com o auxílio do programa Genes (Cruz, 2006). Os dados foram submetidos à análise de homogeneidade de variância (teste de Bartlett) e de normalidade (Lilliefors). Os dados de textura foram transformados para $\sqrt{x}$ e de percentual de tubérculos comerciais para $\sqrt{x + 0,5}$, visando atender à pressuposição de normalidade de distribuição do erro. Foram estimados os coeficientes de herdabilidade no sentido amplo pelo quadrado médio (Cruz & Carneiro, 2006).

Os índices de seleção empregados para seleção dos melhores genótipos seguiram Cruz (2006): seleção direta e indireta, índice clássico (Smith, 1936; Hazel, 1943), índice baseado em soma de “ranks” (Mulamba & Mock, 1978), índice base (Willians, 1962), índice baseado nos ganhos desejados (Pesek & Baker, 1969), índice livre de pesos e parâmetros de Elston (1963) e índice multiplicativo (Subandi *et al.*, 1973).

O ganho esperado pela seleção direta no *i*-ésimo caráter pode ser estimado por:

$$GS_i = (\bar{X}_{si} - \bar{X}_{oi})h_i^2 = DS_i h_i^2,$$

em que $\bar{X}_{si}$ é a média dos indivíduos selecionados para o caráter *i*; $\bar{X}_{oi}$ é média original da população; DS_i é o diferencial de seleção praticado na população; e h_i^2 é a herdabilidade para o caráter *i*.

O ganho indireto no caráter *j*, pela seleção no caráter *i*, é dado por:

$$GS_{j(i)} = DS_{j(i)} h_j^2,$$

em que $DS_{j(i)}$ é o diferencial de seleção indireta obtida em função da média do caráter daqueles indivíduos cuja superioridade foi evidenciada com base em outro caráter, sobre o qual se pratica a seleção direta.

O índice clássico, proposto por Smith (1936) e Hazel (1943), consiste em uma combinação linear dos vários caracteres, no qual os coeficientes de ponderação são

estimados de modo a maximizar a sua correlação com o agregado genotípico que é estabelecido por uma outra combinação linear envolvendo os valores genéticos dos caracteres, ponderados pelos seus respectivos pesos econômicos. Considerando que $H = a_1g_1 + a_2g_2 + \dots + a_ng_n = \sum_{i=1}^n a_i g_i = g'a$ e $I = b_1y_1 + b_2y_2 + \dots + b_ny_n = \sum_{i=1}^n b_i y_i = y'b$, em que H é o agregado genotípico; I é o índice de seleção; n é o número de caracteres avaliados; g' é o vetor de dimensão $1 \times n$ de valores genéticos desconhecidos dos n caracteres considerados; y' é o vetor de dimensão $1 \times n$ de valores fenotípicos dos caracteres; a é o vetor de dimensão $n \times 1$ de valores econômicos previamente estabelecidos; e b o vetor de dimensão $n \times 1$ dos coeficientes de ponderação do índice de seleção a ser estimado.

P é a matriz de dimensão $n \times n$ de variâncias e covariâncias fenotípicas, e G a matriz de dimensão $n \times n$ de covariâncias genéticas entre os caracteres. O vetor b é estimado por meio de $b = P^{-1}G$.

O ganho esperado no caráter j , quando a seleção é praticada sobre o índice, é expresso por:

$$\Delta g_{j(I)} = DS_{j(I)} h_j^2,$$

em que $g_{j(I)}$ é o ganho esperado para o caráter j , com a seleção baseada no índice I ; $DS_{j(I)}$ é o diferencial de seleção do caráter j , com a seleção baseada no índice I ; e h_j^2 é a herdabilidade no caráter j .

O índice baseado na soma de “ranks” (Mulamba & Mock, 1978) hierarquiza os genótipos, inicialmente, para cada característica, por meio da atribuição de valores absolutos mais elevados àqueles de melhor desempenho. Por fim, são somadas as ordens de cada material, referente à cada caráter, resultando no índice de seleção, como descrito a seguir:

$$I = r_1 + r_2 + \dots + r_n,$$

sendo I o valor do índice para determinado indivíduo, r_j é a classificação (rank) de um indivíduo em relação à j -ésima variável e n o número de variáveis consideradas no índice. Adicionalmente, o procedimento permite que a ordem de classificação das variáveis tenha pesos diferentes, conforme especificado pelo melhorista. Assim, tem-se que $I = p_1r_1 + p_2r_2 + \dots + p_nr_n$, sendo p_j o peso econômico atribuído pelo usuário à j -ésima característica.

O índice base (Willians, 1962) consiste em estimar um índice dado pela combinação linear dos valores fenotípicos médios dos caracteres, os quais são ponderados diretamente pelos respectivos pesos econômicos. O índice é estimado por:

$$I = a_1 y_1 + a_2 y_2 + \dots + a_n y_n = y' a,$$

sendo y_j média da j -ésima característica e p_j o peso econômico.

O índice baseado nos ganhos desejados (Pesek & Baker, 1969) propõe substituir os pesos econômicos pelos ganhos desejados pelo melhorista para cada caráter. Sendo todos caracteres considerados como principais, os coeficientes de ponderação do índice são:

$$b = G^{-1} \Delta g_d,$$

em que Δg_d é o vetor de ganhos desejados estabelecido pelo melhorista.

No índice livre de pesos e parâmetros (Elston, 1963), o melhorista estabelece os respectivos critérios de seleção e os limites máximos (ou mínimos) abaixo (ou acima) dos quais os genótipos são selecionados. O índice é estimado por:

$$I = \omega_1 \omega_2 \dots \omega_n, \text{ em que } \omega_j = y_j - k_j,$$

sendo k_j um valor mínimo (ou máximo) estabelecido pelo melhorista para o j -ésimo caráter.

No índice multiplicativo (Subandi *et al.*, 1973), é pressuposto que o índice seja diretamente proporcional a variável analisada, ou inversamente de acordo com o desejado pelo melhorista. O índice é estimado por:

$$I = y_1^{k_1} y_2^{k_2} \dots y_n^{k_n},$$

em que: y_j é o valor do caráter no caráter j , $k_j = 1$, se for considerada a relação direta do índice com a variável e $k_j = -1$, se for considerada a relação inversa do índice com a variável.

Para análise de ganho genético, os pesos econômicos dos caracteres principais e ganhos desejados foram estabelecidos a partir dos próprios dados experimentais, conforme recomendações de Cruz (2006). Primeiro, realizou-se uma comparação entre os ganhos obtidos pela seleção direta e indireta em cada caráter e pelo índice clássico de Smith e Hazel, onde apenas um caráter era considerado como principal e com peso econômico de valor um (1), e os caracteres secundários com peso zero. Posteriormente, compararam-se os índices em três situações diferentes: I – Massa total de tubérculo, massa média dos tubérculos e percentual de tubérculos comerciais, como principais; II - Textura, como principal; III - todos caracteres como principais.

Como os pesos econômicos estabelecidos para os caracteres principais, adotou-se valor um (1), as estimativas de coeficiente de variação genético (CVg) e o equivalente a um desvio-padrão genético (DP), com os valores secundários assumindo valores nulos.

Para o índice de Elston (1963), os valores mínimos foram iguais a média para cada caráter. Todos os procedimentos estatísticos necessários para a construção dos índices de seleção foram realizados com o auxílio do programa Genes (Cruz, 2006).

RESULTADOS E DISCUSSÃO

A análise de variância revelou diferenças significativas para todos os caracteres, isto é, massa total de tubérculos, percentual de tubérculos comerciais, massa média dos tubérculos e textura da película (Tabela 1).

Os coeficientes de variação (CV) variaram de 21,23 a 36,30 para os caracteres massa total de tubérculo e percentual de tubérculos comerciais, respectivamente (Tabela 1). Estes CVs foram semelhantes aos valores encontrados por Neder *et al.* (2010) e por Silva *et al.* (2009). A relação CVg/CVe assumiu valores superiores à unidade para todos os caracteres, que são considerados ideais para seleção (Cruz & Carneiro, 2006) e semelhantes aos relatados por Silva *et al.* (2012).

A estimativa de herdabilidade caracteriza a eficiência do valor genotípico como preditor do valor fenotípico (Cruz, 2005). Os coeficientes de herdabilidade estimados no presente estudo concordam com os valores relatados por Benites & Pinto (2011), em estudo de ganho genético em três ciclos de seleção recorrente. Mas as estimativas de herdabilidade para massa total de tubérculos e percentual de tubérculos comerciais foram inferiores às relatadas por Bearzoti *et al.* (1997), e para massa média dos tubérculos, o valor encontrado foi superior (TABELA 1). Em relação ao caráter textura de película, a estimativa de herdabilidade obtida neste estudo foi similar às estimativas encontradas por Love *et al.* (1997), e mais elevada que os valores relatados por Silva *et al.* (2008), em estudo com três populações híbridas de batata derivadas de genitores com diferentes texturas de película.

Os ganhos diretos estimados por seleção foram superiores aos ganhos indiretos para os caracteres textura, percentual de tubérculos comerciais e massa total de tubérculo (Tabela 2). O caráter massa média dos tubérculos teve ganho direto menor que o ganho indireto em relação à percentual de tubérculos comerciais, o que, segundo Falconer (1987), é explicado pelo fato de a seleção indireta somente pode ser superior a seleção direta se o caráter secundário apresentar maior herdabilidade do que o caráter principal ou, se a intensidade de seleção no caráter secundário for bem maior do que no principal, ou ainda, se a correlação genética entre os dois caracteres for alta, o que é o caso.

Todos os caracteres apresentaram elevados ganhos com a seleção direta, com destaque para percentual de tubérculos comerciais e massa total de tubérculo (Tabela 2). Quanto ao ganho total pela seleção direta, os caracteres massa média dos tubérculos, percentual de tubérculos comerciais e massa total de tubérculo proporcionaram os valores mais elevados quando considerados como principais.

Os ganhos obtidos pelo índice clássico de Smith (1936) e Hazel (1943) (SH) no caráter principal foram muito semelhantes aos ganhos por seleção direta, com uma pequena superioridade do último método (Tabela 2). O maior ganho individual foi estimado para os caracteres percentual de tubérculos comerciais e massa total de tubérculo, que foi semelhante ao encontrado pela seleção indireta, entretanto, os caracteres massa média dos tubérculos e textura da película também apresentaram valores altos. O caráter massa média dos tubérculos apresentou ganho individual menor que o indireto de percentual de tubérculos comerciais, que foi semelhante ao da seleção indireta.

Quanto aos ganhos totais pelo índice SH, este demonstrou superioridade à seleção indireta para todos os caracteres, uma vez que os ganhos indiretos para maioria dos caracteres são mais elevados neste índice. A superioridade deste método já foi relatada anteriormente por Costa *et al.* (2004).

Comparando os genótipos selecionados pelos dois métodos, para cada caráter, obteve-se coincidências acima de 80% para todos os caracteres, sendo 80% para percentual de tubérculos comerciais, 80% para massa total de tubérculo, 90% para textura da película e 80% para massa média dos tubérculos, demonstrando grande coincidência entre os genótipos superiores selecionados pelos dois métodos.

Embora tenha proporcionado a maximização dos ganhos individuais, a seleção direta não possibilitou a obtenção de níveis satisfatórios para os demais caracteres. Ao utilizar índices de seleção, foi possível obter uma distribuição de percentual de ganhos mais homogênea para os caracteres sob seleção, quando considerados todos os caracteres como principal (Tabela 3). Nota-se também a forte semelhança entre as estimativas de ganhos totais e para cada caráter, pelo emprego dos índices SH, BW e MM ao utilizar como peso econômico o DP, quando considerados percentual de tubérculos comerciais, massa média e massa total de tubérculo como principais (Tabela 3), em relação as estimativas obtidas pela seleção direta para massa total de tubérculo (Tabela 2), verificando que a utilização destes índices nestas situações não trazem benefícios adicionais, resultado semelhante já citado anteriormente (Barbosa & Pinto, 1998).

Quanto aos ganhos totais, destacaram-se os índices SH, MM, BW, PB, ELS e MUL, cujos maiores ganhos foram encontrados quando utilizado todos os caracteres como principais, exceto para o índice SH, utilizando CVg, que os ganhos totais foram superiores quando os caracteres percentual de tubérculos comerciais, massa média e massa total de tubérculo foram utilizados como principais (Tabela 3). Ao comparar os índices SH, MM, BW e PB, adotando como peso econômico o DP, o índice PB apresentou ganhos totais superiores ao considerar todos caracteres como principais.

As estimativas de ganhos totais evidenciaram superioridade nos índices MUL e MM quando todos os caracteres foram considerados como principais. Para o índice MM o maior ganho total foi quando se adotou o CVg como peso econômico. Resultados semelhantes foram reportados por Barbosa & Pinto (1998), que sugeriram o índice MM, por ser promissor em programas de melhoramento de batata, apresentando ganhos percentuais bem distribuídos para cada caráter. Este índice também tem sido sugerido por outros autores (Costa *et al.*, 2004; Vasconcelos *et al.*, 2010). Outros índices que também se destacaram com elevados ganhos totais foram ELS e MM, quando utilizados os caracteres percentual de tubérculos comerciais, massa média e massa total de tubérculo como principais.

Analisando cada situação de consideração dos caracteres principais, constata-se superioridade do índice MUL, quando todos os caracteres são considerados como principais, bem como na situação em que percentual de tubérculos comerciais, massa média e massa total de tubérculo foram considerados como principais. Quando o caráter textura foi considerado como principal, a superioridade foi constatada com o índice MM ao empregar o CVg como peso econômico, entretanto, os ganhos totais quando este caráter foi adotado como principal são acentuadamente inferiores que nas outras duas situações.

Os resultados encontrados neste estudo concordam com Barbosa & Pinto (1998), os quais alcançaram eficiência no uso dos índices na seleção de clones de batata. Em soja, Costa (2004) também obteve ganhos totais superiores com a utilização dos índices de seleção em soja, por apresentarem boa distribuição de ganhos em todos os caracteres, com destaque para o índice MM, semelhante ao encontrado neste estudo. Ainda, os resultados deste trabalho estão de acordo com Pedrozo *et al.* (2009), em estudo com cana-de-açúcar, no qual o índice MUL foi o que revelou maior eficiência na seleção de genótipos superiores.

CONCLUSÕES

Pode-se concluir que o uso de índices de seleção em batata resulta em maiores ganhos totais, com uma distribuição mais equilibrada entre todos os caracteres avaliados. Os melhores índices de seleção para serem utilizados em programas de melhoramento de batata são o índice multiplicativo de Subandi *et al.* (1973) e o índice de “ranks” de Mulamba & Mock (1978).

AGRADECIMENTOS

Os autores agradecem ao CNPq e a Capes pelo apoio e concessão de bolsas de estudo.

REFERÊNCIAS

- Barbosa MHP, Pinto CABP. 1998. Eficiência de índices de seleção na identificação de clones superiores de batata. *Pesquisa Agropecuária Brasileira* 33: 149-156.
- Bearzoti E, Pinto CABP and Oliveira MS. 1997. Comparação entre métodos estatísticos na avaliação de clones em um programa de melhoramento de batata. *Pesquisa Agropecuária Brasileira* 32: 877-884.
- Benites FRG and Pinto CABP. 2011. Genetic gains for heat tolerance in potato in three cycles of recurrent selection. *Crop Breeding and Applied Biotechnology* 11: 133-140.
- Costa MM, Mauro AO, Trevisoli SHU, Arriek NHC, Bárbaro IM and Muniz FRS. 2004. Ganho genético por diferentes critérios de seleção em soja. *Pesquisa Agropecuária Brasileira* 39: 1095-1102.
- Cruz CD. 2006. *Programa Genes: Biometria*. Editora UFV, Viçosa, 382p.
- Cruz CD. 2005. *Princípios da genética quantitativa*. Editora UFV, Viçosa, 394p.
- Cruz CD and Carneiro PCS. 2006. *Modelos biométricos aplicados ao melhoramento genético*. Editora UFV, Viçosa, 585p.
- Elston RC. 1963. A weight free index for the purpose of ranking of selection with respect to several traits at a time. *Biometrics* 19: 85-87.
- FAOSTAT 2012. *The agricultural production domain covers*. Disponível em: <<http://www.fao.org/crop/statistics.html>>. Acesso em: 17 jul. 2012.
- Falconer DS. 1987. *Introduction to quantitative genetics*. 2. ed. London: Longman. 340p.
- Federer WT. 1955. *Experimental design – theory and application*. New York, 544p.

- Granate MJ, Cruz CD and Pacheco CAP. 2002. Predição de ganho genético com diferentes índices de seleção no milho pipoca CMS-43. *Pesquisa Agropecuária Brasileira* 37: 1001-1008.
- Hazel LN. 1943. The genetic basis for constructing selection indexes. *Genetics* 28: 476-490.
- Lambert ES, Pinto CABP, Menezes CB. 2006. Potato improvement for tropical conditions. II: Selection indices and efficiency of selection. *Crop Breeding and Applied Biotechnology* 6: 185-193.
- Love SL, Werbner BK, Pavék JJ. 1997. Selection for individual traits in the early generations of a potato breeding program dedicated to producing cultivars with tubers having long shape and russet skin. *American Potato Journal* 74: 199-213.
- Martins IS, Cruz CD, Regazzi AJ, Pires IE. 2003. Eficiência da seleção univariada direta e indireta e de índices de seleção em *Eucalyptus grandis*. *Revista Arvore* 27: 327-333.
- Mulamba NN, Mock JJ. 1978. Improvement of yield potential of the Eto Blanco maize (*Zea mays* L.) population by breeding for plant traits. *Egyptian Journal of Genetics and Cytology* 7: 40-57.
- Neder DG, Pinto CABP, Melo DS, Lepre AL, Peixoto LS. 2010. Seleção de clones de batata com resistência múltipla à pinta preta e aos vírus X e Y. *Ciência Rural* 40: 1702-1708.
- Pedrozo CA, Benites, FRG, Barbosa MHP, Resende MDV and Silva FL. 2009. Eficiência de índices de seleção utilizando a metodologia REML/BLUP no melhoramento de cana-de-açúcar. *Scientia Agraria* 10 : 31 – 36.
- Pereira AS. 2003. Desenvolvimento de cultivares nacionais de batata. *Batata Show* 7: 12-13.
- Pesek J and Baker RJ. .1969. Desired improvement in relation to selected indices. *Canadian Journal of Plant Science* 49 : 803-804.
- Pinelli LLO, Moretti CL, Almeida GC, Onuki ACA and Nascimento ABG. 2005. Caracterização química e física de batatas ‘Ágata’ minimamente processadas, embaladas sob diferentes atmosferas modificadas ativas. *Pesquisa Agropecuária Brasileira* 40: 1035 – 1031.
- Ross H. 1986. *Potato breeding: problems and perspectives*. Advances in Plant Breeding. Supplement, Hamburg: Paul Parey. 196p.

- Silva GO, Vieira JV and Vilela MS. 2009. Seleção de caracteres de cenoura cultivada em dois sistemas de produção agroecológicos no Distrito Federal. *Revista Ceres* 56: 595 - 601
- Silva GO, Pereira AS, Souza VQ, Carvalho FIF and Vieira EA. 2008. Qualidade de película de famílias clonais de batata. *Bragantia* 67: 633-638
- Silva GO, Pereira AS, Souza VQ, Carvalho FIF and Neto RF. 2007. Parâmetros genéticos em primeiras gerações de seleção de batata (*Solanum tuberosum* L.). *Magistra* 19: 98-103.
- Silva GO, Castro CM, Terres LR, Rohr A, Suinaga FA, Pereira AS. 2012. Desempenho agrônômico de clones elite de batata. *Horticultura Brasileira* 30: 557-560.
- Smith HF. 1936. A discriminant function for plant selection. *Annual Eugenics* 7: 240-250.
- Subandi W, Compton A, Empig LT. 1973. Comparison of the efficiencies of selection indices for three traits in two variety crosses of corn. *Crop Science* 13: 184 – 186.
- Tai GCC e Young DA. 1984. Early generation selection for important agronomic characteristics in a potato breeding populations. *American Potato Journal* 61: 419-434.
- Tai GCC. 1977. Index selection with desired gains. *Crop Science* 17: 182-183.
- Vasconcelos ES, Ferreira RP, Cruz CD, Moreira A, Rassini JB and Freitas AR (2010) Estimativas de ganho genético por diferentes critérios de seleção em genótipos de alfafa. *Revista Ceres* 57: 205-210.
- Willians JS. 1962. The evaluation of a selection index. *Biometrics* 18: 375-393.

Tabela 1. Resumo da análise de variância para os caracteres massa total de tubérculos (MTT), percentual de tubérculos comerciais (PER), massa média de tubérculos (MME) e textura de película dos tubérculos (TEX) (Summary of the analysis of variance for total tuber yield (MTT), percentage of marketable tubers (PER), average tuber weight (MME) and skin texture (TEX). Pelotas, 2012.

Fonte de variação ⁽¹⁾	GL	QM			
		MTT	PER	MME	TEX
Blocos	3	834779,38	593,58	989,73	0,70
Trat. (Aj)	195	301935,90*	456,70*	487,61*	1,09*
Média pond.		1335,28	35,30	51,22	2,46
CVg (%)		34,40	47,20	31,78	33,14
Cve (%)		21,23	36,30	27,15	26,01
CVg/Cge		1,62	1,30	1,17	1,27
h ² (%)		72,51	63,13	57,80	61,89

⁽¹⁾ Trat (Aj): tratamentos ajustados; Média pond: médias ponderadas; CVg: Coeficiente de variação genético; Cve: Coeficiente de variação experimental; h²: herdabilidade. * e ** Significativo a 5% de probabilidade pelo teste F (¹Treat (Aj): adjusted treatments; CVg: Genetic variation coefficient; Cve: Environmental variation coefficient; h²: heritability. * Significant at 5% probability by the test F. ⁽²⁾ Degrees of freedom).

Tabela 2. Estimativas das médias, herdabilidades (h^2) e ganhos de seleção em porcentagem (GS%), obtidos pela seleção direta e indireta (SEL) e pelo índice clássico de Smith (1936) e Hazel (1943) (SH), em três populações híbridas de batata, considerando cada caráter como principal [mean, heritability (h^2) and selection gain estimates in percentage (GS%), obtained by direct and indirect selection (SEL), and by the classic index of Smith (1936) and Hazel (1943) (SH), in three hybrid potato populations, considering each trait as principal]. Pelotas, 2014.

Variável ⁽¹⁾	Média	h^2	Seleção	GS%				
				MTT	PER	MME	TEX	Total
MTT	1335,28	72,51	SEL	69,78	24,11	22,06	-2,80	113,15
			SH	68,01	28,26	20,58	2,72	119,57
PER	35,30	63,13	SEL	9,96	79,22	47,56	-20,00	116,74
			SH	21,84	76,19	49,68	-18,42	129,29
MME	51,22	57,80	SEL	15,85	68,19	53,73	-12,42	125,35
			SH	26,78	74,95	47,52	-11,79	137,46
TEX	2,46	61,69	SEL	-6,26	-3,27	-4,15	52,27	38,59
			SH	8,51	7,58	14,31	44,53	74,93

⁽¹⁾MTT: Massa total de tubérculos; PER: percentual de tubérculos comerciais; MME: massa média de tubérculos; TEX: textura de película dos tubérculos (⁽¹⁾MTT: total tuber yield; PER: percentage of marketable tubers; MME: average tuber weight; TEX: skin texture of tubers).

Tabela 3. Estimativas de ganhos com a seleção (GS%) para caracteres de rendimento e aparência de tubérculos de batata pelos índices propostos por Smith (1936) e Hazel (1943)- SH, Mulamba and Mock (1978)- MM, Williams (1962)- BW, Pesek and Baker (1969)- PB, Multiplicativo de Subandi et al. (1973) e Elston (1963)- ELS, com os pesos econômicos e ganhos desejados (PE/GD), e respectivas situações de seleção (Estimated selection gains (GS%) for the yield and tuber appearance traits of potatoes by the indexes proposed by Smith (1936) and Hazel (1943)- SH, Mulamba and Mock (1978)- MM, Williams (1962)- BW, Pesek and Baker (1969)- PB, Multiplicative of Subandi et al. (1973)- MUL, and Elston (1963)- ELS, with economic weight and desired gains (PE/GD), and respective selection situations). Pelotas, 2014.

Índice	PE/GD	Situação	GS%				
			PER	MME	MTT	TEX	Total
SH	1	I ⁽¹⁾	24,11	22,06	69,78	-1,15	114,80
		II ⁽²⁾	-4,03	7,12	2,42	76,96	82,47
		III ⁽³⁾	28,26	20,58	68,01	7,39	124,24
SH	CVg	I	27,24	19,82	67,66	9,27	121,99
		II	-2,71	-2,30	-2,52	82,36	74,83
		III	31,18	24,16	68,50	-3,31	120,53
SH	DP	I	20,03	19,82	67,66	2,99	110,50
		II	0,48	-1,68	-1,95	77,82	74,67
		III	20,03	19,82	67,66	2,99	110,50
MM	1	I	58,78	40,32	49,91	-14,82	134,19
		II	5,12	0,37	-5,65	80,76	80,60
		III	39,56	29,83	33,60	62,27	165,20
MM	CVg	I	64,20	41,36	43,66	-14,09	135,13
		II	6,66	2,35	-1,65	80,76	88,12
		III	43,92	33,02	35,89	54,43	167,26
MM	DP	I	21,07	26,89	68,51	-3,99	112,48
		II	0,91	-4,88	-10,51	42,04	42,04
		III	21,07	26,89	68,51	-3,99	112,48
BW	1	I	24,11	22,06	69,78	-1,15	114,80
		II	-2,71	-2,30	-2,52	82,36	74,83
		III	24,11	22,06	69,78	-1,15	114,80
BW	DP	I	17,68	21,29	69,43	-1,69	106,71
		II	-0,91	-4,88	-10,71	42,00	27,56
		III	17,68	21,29	69,01	-1,69	106,71
PB	DP	I	52,51	36,96	55,03	-29,46	115,04
		II	-4,03	7,12	2,42	76,96	82,47
		III	35,67	42,58	31,27	20,54	130,06
ELS	-(⁴)	I	69,30	45,75	37,29	-12,05	140,29
		II	-2,71	-2,30	-2,52	82,36	74,83
		III	44,32	23,49	16,16	62,99	146,96
MUL	-	I	66,85	45,09	43,87	-10,75	145,06
		II	-2,71	-2,30	-2,52	82,36	74,83
		III	44,58	34,38	40,08	52,9	171,94

⁽¹⁾Percentual de tubérculos comerciais (PER), massa média de tubérculos (MME) e massa total de tubérculos (MTT) como caracteres principais. ⁽²⁾Textura de película (TEX) como caráter principal.

⁽³⁾Todos os caracteres como principais. ⁽⁴⁾Método que utiliza valores mínimos para seleção

⁽¹⁾Percentage of marketable tubers (PER), average tuber weight (MME), and total tuber yield (MTT) as principal traits. ⁽²⁾Tuber skin texture (TEX) as principal trait. ⁽³⁾All traits considered as principal. ⁽⁴⁾Method that uses minimum values to selection).

7. CONSIDERAÇÕES FINAIS

Em todos os programas de melhoramento genético se faz necessário aprimorar as técnicas empregadas dinamicamente. Nos programas que trabalham com batata, não seria diferente. A existência de uma estreita base genética das cultivares elites, que é normalmente utilizadas nos cruzamentos, faz com que as diferenças a serem detectadas nas progênies sejam cada vez menores. Assim, exige-se maior eficiência dos programas de melhoramento, justificando a necessidade do estabelecimento de metodologias de condução dos programas e de seleção com mais eficácia na promoção de novos genótipos mais adaptados e produtivos.

O primeiro estudo, sobre as capacidades de combinação de sete genitores de batata nas gerações iniciais de seleção demonstrou que há predominância de efeitos aditivos dos genes para os caracteres uniformidade de formato, apontamento, curvatura, aparência geral, uniformidade de tamanho, número, massa total e massa média de tubérculos. Em relação à capacidade geral de combinação, para o conjunto dos caracteres componentes de aparência, os genitores estrangeiros 'Pukara' e 'Asterix', e o nacional 'Eliza' contribuíram para geração de famílias com complementação alélica favorável. Enquanto que para os caracteres componentes de rendimento destacaram-se o genitor estrangeiro 'Rioja' e nacional 'Eliza'. Quanto à capacidade específica de combinação, o cruzamento Pukara/Eliza mostrou maior potencial para o desenvolvimento de genótipos superiores para componentes de aparência e número de tubérculos.

No segundo estudo, as respostas esperadas de seleção para qualidade de fritura sugerem que, para obtenção de populações superiores, deve-se utilizar ao menos um genitor de ótima qualidade de fritura. Massa de tubérculos e massa de tubérculos estão associados à aparência de tubérculos e a cor de "chips" tem influência forte na qualidade global de "chips".

O terceiro estudo, sobre parâmetros genéticos para os caracteres componentes de aparência geral e rendimento de tubérculo, nas primeiras gerações de seleção de batata, sugere que se pode aplicar seleção com intensidade de leve a moderada na geração de plântula para os caracteres

textura de película, aparência geral, número, massa e massa média de tubérculos, com base nas estimativas de herdabilidade moderada a alta obtidas na geração de plântula e, conseqüentemente, com os maiores ganhos de seleção para estes caracteres.

No quarto estudo, ao verificar as associações entre caracteres componentes de produção e aparência entre e dentro de gerações iniciais de seleção, foi observado que a seleção para massa de tubérculo poderia ser feita já na geração de plântula. Os valores de herdabilidade estimados com base nas coeficientes de correlação entre gerações, sugerem que seleção pode ser aplicada para os caracteres curvatura, tamanho e formato de tubérculo, mas de leve intensidade ou negativamente. Os dados também sugerem que seleção na geração de plântula não deveria ser realizada para textura de película e aparência geral de tubérculos. Ganhos correlacionados são esperados em massa de tubérculo pela seleção para tamanho e massa média de tubérculos.

No estudo de estimativas de ganhos genéticos por diferentes índices de seleção, o uso de índices de seleção resultou em maiores ganhos de seleção, com melhor distribuição entre os caracteres avaliados. O índice multiplicativo e o índice baseado na soma de "ranks" mostraram-se mais eficientes.

As informações obtidas nesta pesquisa são muito importantes na escolha de genitores para formar os blocos de cruzamento nos programas de melhoramento genético de batata e na definição de estratégias de seleção, contribuindo para o aumento da eficiência destes. O conhecimento de parâmetros genéticos de todos caracteres estudados e de associações entre os mesmos e com outros caracteres constituem subsídios para a definição de esquemas de seleção.

Apesar do avanço no conhecimento obtido nesta pesquisa para o melhoramento genético de caracteres de aparência, produção e qualidade de fritura, seria conveniente continuar as avaliações referentes aos parâmetros genéticos e correlações entre os caracteres em gerações mais avançadas, visando confirmar as estimativas dos parâmetros. Em relação às estimativas de capacidade de combinação, é importante o estudo de maior número de genitores, afim de ampliar o conhecimento acerca dos genitores normalmente utilizados em programas de melhoramento.

REFERÊNCIAS ITEM 1

AGRIANUAL, **Anuário da Agricultura Brasileira**. São Paulo: 2012. p. 189-296.

ANDERSON, J.A.D.; HOWARD, H.W. Effectiveness of selection in the early stages of potato breeding programmes. **Potato Research**, v.24, p. 289-299. 1981.

ANDREU, M.A. Avanços no melhoramento genético para qualidade de processamento da batata. **Batata Show**, v.6, n.14, p.16, 2006.

BISOGNIN, D.A.; DOUCHES, D.S. Early generation selection for potato tuber quality in progenies of late blight resistant parents. **Euphytica**, v.127, p.1-9. 2002.

BROWN, J. The use of cross prediction methods in a potato breeding programme. **Theoretical Applied Genetics**, v.76, p.33-38, 1988.

BROWN, J.; DALE. J. Identifying superior parents in a potato breeding program using cross prediction techniques. **Euphytica**, v. 104, p. 143 – 149, 1998.

BUSO, J. A., BOITEUX L. S., PELOQUIN, S. J. Multitrait selection system using populations with a small number of interplod (4x – 2x) hybrid seedlings in potato: Degree of high – parent heterosis for yield and frequency of clones combining quantitative agronomic traits. **Theoretical and Applied Genetics**, v.99, p. 81-91, 1999.

CRUZ, C.D.; CARNEIRO, P.C.S. **Modelos biométricos aplicados ao melhoramento genético**. Editora UFV, Viçosa, 585p. 2006.

CRUZ, C.D., REGAZZI, A.J. **Métodos biométricos aplicados ao melhoramento genético**. Viçosa, UFV: Imprensa Universitária, 2001. 390p.

FOOD AND AGRICULTURE ORGANIZATION OF THE UNITED NATIONS - FAO. **ProdSTAT: Crops**, 2012. Disponível em <<http://faostat.fao.org/r>>. Acesso em: 10 de jan de 2014.

GLENNON, L. **The potato in the food business: past to present**. 2000. Disponível em:<<http://www.teagasc.ie/publications/pot2000/paper1.asp>>. Acesso em: 20 jun de 2014.

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 tubers having long shape and russet skin. **American Potato Journal**, v. 74, n. 3, p. 199-213, 1997.

MARIS, B. Correlations within and between characters between and within generations as a measure for the early generation selection in potato breeding. **Euphytica**, v. 37, p. 205-209, 1988.

MELO, D.S.; PINTO, C.A.B.P.; PEIXOTO, L.S.; NEDER, D.G.; ASSIS J.C. Early selection of full-sib potato families. **Ciência e Agrotecnologia**, v. 35, p.1101-1109, 2011.

MELO, P.E.; BUSO, J.A.; LOPES, C.A. Rede Melhor Batata: foi dado o primeiro passo! **Batata Show**, ano 6, n.16, p.7-8, 2006.

MELO, P.E. de. Cultivares de batata potencialmente úteis para processamento na forma de fritura no Brasil e manejo para obtenção de tubérculos adequados. **Informe Agropecuário**, v.20, p.112-119, 1999.

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**, v. 32, p. 293-300, 1989.

NEVES, E.M.; RODRIGUES, L.; DAYOUB,M.; DRAGONE, P.S. Aplicação de fertilizantes na bataticultura. Comportamento de preções no Plano Real. **Batata Show**, ano 3, n.6, p.20-21, 2003.

NGUYEN, H.T.; SLEPER, D.A. Theory and application of half-sib matings in forage breeding. **Theoretical and Applied Genetics**, Berlin, v.64, p.187-196, 1983.

PEREIRA, A. da S.; FRITSCH NETO, R.; SILVA, R. da S.; BENDER, C.I.; SCHÜNEMANN, A.P.; FERRI, N.M.; VENDRUSCOLO, J.L. Genótipos de batata com baixo teor de açúcares redutores. **Horticultura Brasileira**, v.25, p.220-223, 2007.

PEREIRA A. da S.; DANIELS J. (Ed.). **O cultivo da batata na região sul do Brasil**. Brasília: Embrapa Informação Tecnológica/Embrapa Clima Temperado. 2003. 567 p.

PINTO, C.A.B.P. Melhoramento Genético da Batata. **Informe Agropecuário**, Belo Horizonte: EPAMIG, v.20, p.120-128, 1999.

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

SILVA, G. O. Critérios na escolha de genitores e mecanismos de seleção para caracteres agrônômicos nas primeiras gerações em batata (*Solanum tuberosum* L.). 2006. 96f. Tese (Doutorado). Programa de Pós-Graduação em Agronomia. Universidade Federal de Pelotas, Pelotas.

SIMMONDS, N.W. Family selection in plant breeding. **Euphytica**, v. 90, p. 201-208, 1996.

SWIEZYNSKI, K. M. Selection of individual tubers in potato breeding. **Theoretical Applied Genetics**, v. 53, p. 71-80, 1978.

TAI, G.C.C. A method to construct confidence interval for expected response to multi-trait selection. **Theoretical and Applied Genetics**, Berlin, v.1, p.595-599, 1986.

TAI, G. C. C.; YOUNG, D. A. Early generation selection for important agronomic characteristics in a potato breeding population. **American Potato Journal**, v. 61, p. 419-434, 1984.

XIONG, X., TAI, G.C.C., SEABROOK, J.E.A. Effectiveness of selection for quality traits during the early stage in the potato breeding population. **Plant Breeding**, v. 121, p.441-444, 2002.