

UNIVERSIDADE FEDERAL DE PELOTAS
Programa de Pós-Graduação em Agronomia



Tese

Capacidade de combinação de genitores, parâmetros genéticos de aparência e de rendimento de tubérculos e características de qualidade funcional e industrial de clones de batata

Francieli Fatima Cima

Pelotas, 2018

Francieli Fatima Cima

Capacidade de combinação de genitores, parâmetros genéticos de aparência e de rendimento de tubérculos e características de qualidade funcional e industrial de clones de batata

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

Orientador: Arione da Silva Pereira, PhD. – Embrapa Clima Temperado
Coorientadores: Caroline Marques Castro, Dra. – Embrapa Clima Temperado
Márcia Vizzotto, PhD. – Embrapa Clima Temperado

Pelotas, 2018

Universidade Federal de Pelotas / Sistema de Bibliotecas
Catalogação na Publicação

C573c Cima, Francieli Fatima

Capacidade de combinação de genitores, parâmetros genéticos de aparência e de rendimento de tubérculos e características de qualidade funcional e industrial de clones de batata / Francieli Fatima Cima ; Arione da Silva Pereira, orientador ; Caroline Marques Castro, Márcia Vizzotto, coorientadoras. — Pelotas, 2018.

87 f. : il.

Tese (Doutorado) — Programa de Pós-Graduação em Agronomia, Faculdade de Agronomia Eliseu Maciel, Universidade Federal de Pelotas, 2018.

1. Solanum tuberosum L.. 2. CGC. 3. CEC. 4. Herdabilidade. 5. Antioxidantes. I. Pereira, Arione da Silva, orient. II. Castro, Caroline Marques, coorient. III. Vizzotto, Márcia, coorient. IV. Título.

CDD : 633.491

Francieli Fatima Cima

Capacidade de combinação de genitores, parâmetros genéticos de aparência e de rendimento de tubérculos e características de qualidade funcional e industrial de clones de batata

Tese aprovada, como requisito parcial, para obtenção do grau de Doutora em Ciências, Programa de Pós-Graduação em Agronomia, Faculdade de Agronomia Eliseu Maciel, Universidade Federal de Pelotas.

Data da defesa: 26 de junho de 2018

Banca examinadora:

PhD. Arione da Silva Pereira (Orientador)
PhD. em Horticulture pela University of Guelph

Dra. Camila Pegoraro
Doutora em Agronomia pela Universidade Federal de Pelotas

Dra. Ana Cristina Richter Krolow
Doutora em Ciência e Tecnologia Agroindustrial pela Universidade Federal de Pelotas

Dr. Giovanni Olegário da Silva
Doutor em Agronomia pela Universidade Federal de Pelotas

Dedico

Aos meus pais, **Irimar** e **Marli**,
e ao meu irmão **Edimar**,
pelo incentivo e apoio em minhas decisões.

Agradecimentos

A Deus pela saúde e constante proteção.

Aos meus pais Irimar e Marli pela educação que me proporcionaram, pelo amor e incentivo constante. Ao meu irmão Edimar pelo carinho e companheirismo.

Ao meu orientador PhD. Arione da Silva Pereira pela confiança e valiosa orientação. Pela disponibilidade, ensinamentos concedidos e experiências compartilhadas.

As minhas coorientadoras Dra. Caroline Marques Castro e PhD. Márcia Vizzotto pela coorientação e por todos os ensinamentos.

À Universidade Federal de Pelotas e ao Programa de Pós-Graduação em Agronomia pela oportunidade de realização do curso de doutorado. A CAPES pela concessão da bolsa de estudos.

Aos professores do Programa de Pós-Graduação em Agronomia PhD. Antonio, Dra. Camila e Dr. Luciano pelos conhecimentos transmitidos.

À Embrapa Clima Temperado pela disponibilização de infraestrutura para o desenvolvimento deste trabalho.

À equipe do Programa de Melhoramento Genético de Batata, em especial a MSc. Fernanda, Brenoaldo, Everton, Sergio e Sergio B. pela ajuda na condução do trabalho, amizade e momentos de descontração.

Ao pesquisador Dr. Giovani Olegário da Silva pelo auxílio na condução do experimento em Canoinhas-SC.

Aos colegas da Pós-Graduação Daiana, Emerson, Raquel e Tuane, e aos ex batateiros Luiz, Leonardo e João Vitor pelo apoio e importante contribuição no desenvolvimento deste trabalho, pela amizade, conhecimentos compartilhados e agradáveis momentos de convivência.

As estagiárias do Núcleo de Alimentos Elisa, Marina e Priscila pela contribuição no trabalho.

Ao colega Maicon Nardino por todo auxílio, conhecimento compartilhado e dúvidas esclarecidas.

As minhas amigas Patricia e Tatiane pela grande amizade e momentos compartilhados.

Ao meu namorado José Luis por todo incentivo, companheirismo, compreensão e amor.

A todos aqueles que contribuíram para a realização deste trabalho, que sempre acreditaram em mim e me motivaram a seguir em frente.

Resumo

CIMA, Francieli Fatima. **Capacidade de combinação de genitores, parâmetros genéticos de aparência e de rendimento de tubérculos e características de qualidade funcional e industrial de clones de batata.** 2018. 87f. Tese (Doutorado) – Programa de Pós-Graduação em Agronomia. Universidade Federal de Pelotas, Pelotas.

Batatas com polpa colorida contêm altas concentrações de antioxidantes, incluindo ácidos fenólicos, antocianinas e carotenoides. Esses fitoquímicos apresentam efeitos terapêuticos e promotores da saúde humana, exercendo papel-chave na prevenção e/ou tratamento de doenças crônicas. O crescente interesse nos benefícios à saúde adquiridos através da alimentação tem contribuído para o aumento do consumo dessas batatas “especiais” e crescimento de um mercado especializado. Para atender a demanda desse nicho de mercado é imprescindível o desenvolvimento de cultivares de polpa colorida e, para o rápido progresso, é fundamental a escolha correta dos genitores e procedimentos eficientes de seleção. Nesse sentido, foram desenvolvidos três estudos. O primeiro visou estimar capacidade de combinação de clones de batata de polpa colorida e de polpa creme e amarelo claro para caracteres de aparência externa e interna e de rendimento de tubérculos. Foram avaliadas oito famílias segregantes de batata, em modelo de dialelo parcial (3x3). Verificou-se que há predomínio de efeitos aditivos de genes no controle de caracteres de aparência e de rendimento de tubérculos. O segundo estudo visou estimar parâmetros genéticos de caracteres de aparência externa e interna e de rendimento de tubérculos, e suas implicações na seleção, em uma população híbrida constituída de 12 famílias segregantes para cor da polpa. Os resultados sugerem que pode se aplicar forte pressão de seleção para os caracteres cor da película, cor predominante da polpa, cor secundária da polpa e distribuição da cor secundária, e seleção leve a moderada para profundidade de gemas, formato e aparência geral de tubérculo, na primeira geração clonal. O terceiro estudo visou caracterizar 12 clones de batata de polpa colorida quanto à concentração de compostos bioativos, caracteres de qualidade industrial e de rendimento de tubérculos. Os clones C2715-01-09, C2721-22-09 e C2743-01-09 apresentam elevadas concentrações de compostos bioativos e alta capacidade antioxidante, além de boas características de qualidade de processamento e bom potencial produtivo. O clone C2743-09-09 é o mais produtivo e possui atributos para fritura, porém apresenta teores mais baixos de compostos bioativos e atividade antioxidante mediana.

Palavras-chave: *Solanum tuberosum* L.; CGC; CEC; herdabilidade; antioxidantes.

Abstract

CIMA, Francieli Fatima. **Combining ability of genitors, genetic parameters of tuber appearance and yield, and functional and industrial quality characteristics of potato clones.** 2018. 87f. Thesis (Doctorate) – Post-Graduate Program in Agronomy. Federal University of Pelotas, Pelotas.

Colored fleshed potatoes contain high concentrations of antioxidants, including phenolic acids, anthocyanins and carotenoids. These phytochemicals have therapeutic effects and promoters of human health, playing a key role in the prevention and/or treatment of chronic diseases. The growing interest in the health benefits acquired through food has contributed to increase consumption of these "special" potatoes and growth of a specialized market. In order to meet the demand of this market niche, the development of colored fleshed varieties is essential, and for a fast progress it is fundamental the correct parental choice and efficient selection procedures. In this sense, three studies were developed. The first aimed to estimate combining ability of colored fleshed and cream and light yellow fleshed potato clones in the external and internal tuber appearance, and tuber yield. Eight segregating potato families were evaluated using a partial diallel design (3x3). It was verified that there is a predominance of additive effects of genes in the control of tuber appearance and yield traits. The second study aimed to estimate genetic parameters of tuber external and internal appearance and yield traits, and their implications on selection, in a hybrid population consisting of 12 segregating families for flesh color. The results suggest that a high pressure of selection can be applied to the traits color of the skin, predominant color of the flesh, secondary color of the flesh and distribution of secondary color, and mild to moderate selection for bud depth, shape and overall appearance of tuber, in the first clonal generation. The third study aimed to characterize 12 colored flesh potato clones as to the concentration of bioactive compounds, processing quality traits and tuber yield. Clones C2715-01-09, C2721-22-09 and C2743-01-09 present high concentrations of bioactive compounds and high antioxidant capacity, besides good processing quality traits and good yield potential. The clone C2743-09-09 is the most productive and has frying attributes, but presents lower levels of bioactive compounds, and medium antioxidant activity.

Keywords: *Solanum tuberosum* L.; GCA; SCA; heritability; antioxidants.

Lista de Figuras

2. Capítulo I - Capacidade de combinação de clones de batata para caracteres de aparência externa e interna e de rendimento de tubérculos:

Figura 1– Caracteres de aparência de tubérculos de batata. A: Textura da película (áspera); B: Profundidade de gemas (profundas); C: Formato de tubérculo (redondo); D: Formato de tubérculo (alongado); E: Apontamento de tubérculo (acentuado). Pelotas, 2018.22

Figura 2– Cor da polpa de tubérculo de batata. A: Cor predominante; B: Cor secundária. Pelotas, 2018.....22

Figura 3– Distribuição da cor secundária da polpa de tubérculo de batata. A: poucas manchas; B: áreas dispersas; C: anel vascular estreito; D: anel vascular largo; E: borda e medula; F: dispersas e medula. Pelotas, 2018.23

3. Capítulo II - Parâmetros genéticos de caracteres de aparência externa e interna e de rendimento de tubérculos de batata:

Figura 1- Caracteres de aparência de tubérculos de batata. A: Textura da película (áspera); B: Profundidade de gemas (profundas); C: Formato de tubérculo (redondo); D: Formato de tubérculo (alongado); E: Apontamento de tubérculo (acentuado). Pelotas, 2018.41

Figura 2- Cor da polpa de tubérculo de batata. A: Cor predominante; B: Cor secundária. Pelotas, 2018.....42

Figura 3- Distribuição da cor secundária da polpa de tubérculo de batata. A: poucas manchas; B: áreas dispersas; C: anel vascular estreito; D: anel vascular largo; E: borda e medula; F: dispersas e medula. Pelotas, 2018.42

4. Capítulo III - Compostos bioativos, caracteres de qualidade industrial e de rendimento de tubérculos de clones de batata de polpa colorida:

Figura 1- Cor da polpa de 12 clones de batata. Pelotas, 2018.60

Lista de Tabelas

2. Capítulo I - Capacidade de combinação de clones de batata para caracteres de aparência externa e interna e de rendimento de tubérculos:

Tabela 1- Cor da polpa e genealogia dos genitores de polpa colorida (grupo I) e de polpa creme e amarelo claro (grupo II). Pelotas, 2018.....20

Tabela 2- Famílias segregantes geradas a partir de dois grupos de genitores, cruzados em modelo de dialelo parcial. Pelotas, 2018.20

Tabela 3- Teste da razão de verossimilhança (LRT) para os efeitos de capacidade geral de combinação (CGC) dos grupos I (GI) e II (GII) e dos efeitos de capacidade específica de combinação (CEC), estimativa dos componentes de variância e parâmetros genéticos para caracteres de aparência (externa e interna) de tubérculos de oito famílias segregantes de batata, avaliadas na primeira geração clonal na safra de primavera de 2016, em Pelotas-RS. Pelotas, 2018.....25

Tabela 4- Teste da razão de verossimilhança (LRT) para os efeitos de capacidade geral de combinação (CGC) dos grupos I (GI) e II (GII) e dos efeitos de capacidade específica de combinação (CEC), estimativa dos componentes de variância e parâmetros genéticos para caracteres de aparência (externa e interna) de tubérculos de oito famílias segregantes de batata, avaliadas na segunda geração clonal na safra de primavera de 2017, em Pelotas-RS. Pelotas, 2018.....27

Tabela 5- Teste da razão de verossimilhança (LRT) para os efeitos de capacidade geral de combinação (CGC) dos grupos I (GI) e II (GII) e dos efeitos de capacidade específica de combinação (CEC), estimativa dos componentes de variância e parâmetros genéticos para caracteres de rendimento de tubérculos de oito famílias segregantes de batata, avaliadas na primeira e segunda geração clonal, nas safras de primavera de 2016 e 2017, respectivamente, em Pelotas-RS. Pelotas, 2018.29

Tabela 6- Estimativa dos componentes de média para capacidade geral de combinação (CGC) de seis genitores de batata para caracteres de aparência (externa e interna) de tubérculos, avaliados na primeira e segunda geração clonal, nas safras de primavera de 2016 e 2017, respectivamente, em Pelotas-RS. Pelotas, 2018.32

Tabela 7- Estimativa dos componentes de média para capacidade geral de combinação (CGC) de seis genitores de batata para caracteres de rendimento de tubérculos, avaliados na primeira e segunda geração clonal, nas safras de primavera de 2016 e 2017, respectivamente, em Pelotas-RS. Pelotas, 2018.33

3. Capítulo II - Parâmetros genéticos de caracteres de aparência externa e interna e de rendimento de tubérculos de batata:

Tabela 1- Genitores utilizados nos cruzamentos para compor a população de estudo. Pelotas, 2018.40

Tabela 2- Resumo da análise de variância conjunta para caracteres de aparência (externa e interna) de tubérculos de 12 famílias segregantes de batata, avaliadas em Pelotas-RS e Canoinhas-SC, na safra de outono de 2016. Pelotas, 2018.45

Tabela 3- Resumo da análise de variância conjunta para caracteres de rendimento de tubérculos de 12 famílias segregantes de batata, avaliadas em Pelotas-RS e Canoinhas-SC, na safra de outono de 2016. Pelotas, 2018.45

Tabela 4- Estimativas dos componentes da variância genética (σ_g^2), família x ambiente (σ_{fe}^2) e ambiente (σ_e^2), herdabilidade (h^2) e resposta de seleção (R), relativas a caracteres de aparência (externa e interna) e de rendimento de tubérculos de 12 famílias segregantes de batata cultivadas em Pelotas e Canoinhas. Pelotas, 2018.46

Tabela 5- Correlação de Spearman entre os ambientes de Pelotas e Canoinhas para caracteres de aparência (externa e interna) e de rendimento de tubérculos de batata. Pelotas, 2018.48

Tabela 6- Coeficientes de correlação fenotípica (diagonal inferior) e genética (diagonal superior) entre caracteres de aparência (externa e interna) e de rendimento de tubérculos de batata, para os ambientes de Pelotas e Canoinhas. Pelotas, 2018.50

Tabela 7- Análise de trilha para aparência de tubérculos de batata nos dois ambientes de cultivo, com desdobramento das correlações genéticas em componentes de efeito direto e indiretos. Pelotas, 2018.52

4. Capítulo III - Compostos bioativos, caracteres de qualidade industrial e de rendimento de tubérculos de clones de batata de polpa colorida:

Tabela 1- Resumo da análise de variância individual para caracteres de rendimento e ciclo de desenvolvimento vegetativo, avaliados em 12 clones de batata de polpa colorida e uma cultivar convencional, nas safras de outono de 2012 e 2013. Pelotas, 2018.	63
Tabela 2- Médias dos caracteres de rendimento e ciclo de desenvolvimento vegetativo avaliados em 12 clones de batata de polpa colorida e duas cultivares convencionais, nas safras de outono de 2012 e 2013. Pelotas, 2018.....	64
Tabela 3- Resumo da análise de variância conjunta para concentrações de antocianinas e compostos fenólicos totais, e atividade antioxidante total, em 12 clones de batata de polpa colorida e uma cultivar convencional, nas safras de outono de 2014 e 2015. Pelotas, 2018.....	66
Tabela 4- Resumo da análise de variância para concentração de carotenoides totais na safra de outono de 2014 e, parâmetros de cor da polpa (L*, C* e h°) na safra de outono de 2015, em 12 clones de batata de polpa colorida e uma cultivar convencional. Pelotas, 2018.....	66
Tabela 5- Coloração da polpa e médias para concentrações de antocianinas e compostos fenólicos totais, e atividade antioxidante total nas safras de outono de 2014 e 2015, concentração de carotenoides totais na safra de outono de 2014, e parâmetros de cor da polpa (L*, C* e h°) na safra de outono de 2015, em 12 clones de batata de polpa colorida e uma cultivar convencional. Pelotas, 2018.	67
Tabela 6- Resumo da análise de variância conjunta para teor de glicose em 12 clones de batata de polpa colorida e uma cultivar convencional, nas safras de outono de 2014 e 2015. Pelotas, 2018.....	69
Tabela 7- Resumo da análise de variância para conteúdo de massa seca na safra de outono de 2014, e cor de “chips” na safra de outono de 2015, em 12 clones de batata de polpa colorida e uma cultivar convencional. Pelotas, 2018.	69
Tabela 8- Médias para teor de glicose nas safras de outono de 2014 e 2015, conteúdo de massa seca e cor de “chips” na safra de outono de 2014, em 12 clones de batata de polpa colorida e uma cultivar convencional. Pelotas, 2018.	70

Sumário

1. Introdução geral	13
2. Capítulo I - Capacidade de combinação de clones de batata para caracteres de aparência externa e interna e de rendimento de tubérculos....	18
2.1 Introdução	18
2.2 Material e Métodos.....	19
2.3 Resultados	24
2.4 Discussão.....	34
2.5 Conclusão	37
3. Capítulo II – Parâmetros genéticos de caracteres de aparência externa e interna e de rendimento de tubérculos de batata	38
3.1 Introdução	38
3.2 Material e Métodos.....	39
3.3 Resultados	44
3.4 Discussão.....	53
3.5 Conclusão	57
4. Capítulo III - Compostos bioativos, caracteres de qualidade industrial e de rendimento de tubérculos de clones de batata de polpa colorida	58
4.1 Introdução	58
4.2 Material e Métodos.....	59
4.3 Resultados	63
4.4 Discussão.....	71
4.5 Conclusão	73
5. Considerações Finais	74
Referências	76
Apêndices.....	86

1. Introdução geral

A batata (*Solanum tuberosum* L.) é originária da Cordilheira dos Andes, entre Peru e Bolívia, na América do Sul, onde são encontradas mais de 4.000 variedades, as quais compreendem uma multiplicidade de cor de película e de polpa e formato de tubérculo. A principal espécie cultivada é autotetraploide ($2n=4x=48$), com herança tetrassômica multialélica. Tanto a interação interlocus (epistasia) como a interação intralocus (dominância) ocorrem, e quanto maiores, maior a heterose, que é fundamental para o rendimento de tubérculos (BRADSHAW; MACKAY, 1994).

A batata é a terceira cultura alimentar mais importante no mundo, em termos de consumo humano, com produção mundial estimada em 337,4 milhões de toneladas em 2016 (FAOSTAT, 2018). No Brasil, é a segunda hortaliça de maior importância econômica, com uma produção de cerca de 4,3 milhões de toneladas numa área de 140,3 mil hectares em 2017 (IBGE, 2018).

As batatas são um alimento básico para uma parte significativa da população mundial, fornecendo carboidratos como fonte de energia, e nutrientes essenciais como vitaminas (vitamina C, vitamina B6), minerais (potássio, magnésio) e proteínas de alto valor biológico (USDA, 2018). Além de seu papel muito importante na nutrição humana, os tubérculos de batata contêm fitoquímicos, como carotenoides e compostos fenólicos, que são altamente desejáveis na dieta. Os carotenoides são classificados em dois grandes grupos de pigmentos, carotenos e xantofilas, com cor variando de amarelo pálido a vermelho escuro (RODRIGUEZ-AMAYA, 2001). Em batata, somente pequenas quantidades de β -caroteno, precursor da vitamina A, são encontradas (EZEKIEL et al., 2013; BROWN et al., 1993). Os carotenoides mais abundantes em batata, luteína e zeaxantina, são importantes compostos fotoprotetores da retina humana (AHMED et al., 2005). Os fenólicos compreendem um grupo diversificado de compostos, alguns dos quais podem fornecer benefícios para a saúde associados à diminuição do risco de desenvolver doenças crônicas (LIU, 2013). Esses compostos são divididos em três grupos principais: ácidos fenólicos, flavonoides e taninos. O principal ácido fenólico é o ácido clorogênico, que é encontrado nas batatas de polpa branca, amarela, vermelha e roxa. Em batatas de

polpa de coloração vermelha ou roxa, as antocianinas constituem a principal subclasse dentro dos flavonoides.

Esses fitoquímicos são potentes antioxidantes, contribuem para a defesa fisiológica contra reações oxidativas e mediadas por radicais livres. Antioxidantes como os ácidos fenólicos, antocianinas e carotenoides tem demonstrado reduzir a oxidação de LDL, reduzir danos no DNA, inibir a proliferação de células cancerígenas, e melhorar a função das células imunes (LIU, 2013; KASPAR et al., 2011). Concentrações mais elevadas desses compostos funcionais são encontradas em batatas de polpa pigmentada; nas de polpa vermelha ou roxa, a alta atividade antioxidante é devida, principalmente, a presença de antocianinas; enquanto nas de polpa amarela, os carotenoides são os principais contribuintes (BROWN et al., 2005).

Com o crescente interesse nos benefícios à saúde adquiridos através da alimentação, batatas de polpa vermelha e roxa têm recebido atenção especial, devido à pigmentação atraente e às concentrações mais elevadas de compostos fenólicos do que as convencionais, o que tem contribuído para o aumento do seu consumo e crescimento de um mercado especializado. Nos Estados Unidos e Europa, já há espaço no mercado para batatas coloridas (LACHMAN et al., 2016), mas, no Brasil há apenas oferta eventual deste produto (HAYASHI, 2007). Portanto, a disponibilidade de cultivares de polpa colorida pode desempenhar um papel importante para a cadeia brasileira da batata, bem como para a saúde do consumidor.

Para o rápido progresso no desenvolvimento de cultivares é fundamental a escolha correta dos genitores e cruzamentos, e procedimentos eficientes de seleção. Um parâmetro utilizado para selecionar os genitores é por meio da avaliação da capacidade combinatória. A utilização de genitores com boa capacidade de combinação possibilita a obtenção de populações mais promissoras para a seleção de genótipos superiores (BROWN; DALE, 1998). Por meio da análise dialélica são obtidas informações a respeito da capacidade de combinação de genitores e do controle genético dos caracteres. Quando a capacidade geral de combinação (CGC) se mostra significativa, os genitores com boa CGC podem ser usados novamente em futuros cruzamentos, e o progresso contínuo pode ser buscado ao longo de gerações de seleção recorrente. Por outro lado, quando a

capacidade específica (CEC) também está presente, os testes de progênie podem ser utilizados para identificar os melhores cruzamentos (BRADSHAW et al., 1995).

Na literatura, tem sido relatada maior importância da CGC em relação à CEC para os caracteres de aparência (TERRES et al., 2017; GUEDES et al., 2016; SILVA et al., 2013) e de rendimento de tubérculos (HIRUT et al., 2017; MUHINYUZA et al., 2016; SILVA et al., 2013).

A partir da definição dos melhores genitores e das combinações de interesse, são realizadas as hibridações e produzidas plântulas, para compor a população de seleção. A natureza tetraploide da batata, com herança tetrassômica e multialelismo, torna os estudos genéticos e o melhoramento mais complexos, especialmente para caracteres quantitativos (PEREIRA et al., 2016). Portanto, informações de parâmetros genéticos dos caracteres nas primeiras gerações de seleção podem auxiliar no planejamento de estratégias de seleção eficazes, evitando que genótipos superiores sejam descartados (LOVE et al., 1997).

A herdabilidade é um dos parâmetros de maior importância para o melhoramento genético e expressa a confiabilidade do valor fenotípico em prever o valor genético (FALCONER, 1981). Em batata, ambas as ações aditivas e não aditivas de genes são importantes no controle de vários caracteres. A propagação sexual e a obtenção de sementes sexuais possibilitam ao melhoramento a geração de variação genética aditiva e não aditiva, e qualquer combinação de fatores genéticos que propicie um genótipo superior é fixada na geração F1 e pode ser perpetuada por meio da propagação clonal (MACKAY, 2005). Assim, a herdabilidade no sentido amplo, é mais importante, uma vez que toda a variância genética é utilizável entre as gerações clonais de seleção (TAI; YOUNG, 1984), e deveria ser usada na predição de resposta de seleção dentro de uma população.

O rendimento de tubérculos é um caráter de herança complexa, controlado por um maior número de genes e, portanto, sujeito a maior influência de efeitos ambientais (SLATER et al., 2014; GOPAL et al., 1994). Da mesma forma, Maris (1988) relatou que a aparência geral de tubérculo é um caráter complexo, dependente de vários caracteres, apresentando assim baixa herdabilidade. Entretanto, alguns dos seus caracteres componentes são controlados por poucos genes, tais como cor da película e da polpa, formato de tubérculo, profundidade de gemas, proeminência de sobancelha e textura da película (SLATER et al., 2014).

Tradicionalmente nos programas de melhoramento a seleção inicia na primeira geração clonal, sendo aplicada seleção positiva para caracteres de aparência e com alta herdabilidade, e eliminação de clones com defeitos severos (PEREIRA et al., 2016). Caracteres quantitativos, como rendimento de tubérculos, são selecionados a partir da segunda geração clonal (HULSCHER et al., 2013). Entretanto, Terres et al. (2016) verificaram que pode ser aplicada seleção de intensidade leve a moderada nas gerações iniciais para número, massa total e massa média de tubérculos. Silva e Pereira (2011), em uma extensa revisão, concluíram que maior pressão de seleção poderia ser aplicada nas primeiras gerações de seleção para os caracteres textura da película, formato, apontamento e curvatura de tubérculo.

A seleção indireta por meio de caracteres correlacionados também tem sido adotada nas primeiras gerações de seleção, permitindo que os caracteres complexos aparência e rendimento, sejam melhorados por meio da seleção de seus componentes. Em um estudo para verificar a associação entre caracteres nas gerações de plântula, primeira e segunda geração clonal, Silva et al. (2009a) concluíram que a aparência é favorecida em genótipos que apresentam tubérculos com maior tamanho, massa total e número, mais uniformes em tamanho e formato, mais arredondados, menos curvados e achatados; enquanto maior rendimento de tubérculos é proporcionado com tubérculos de maior tamanho e uniformidade de tamanho.

Entretanto, as informações disponíveis na literatura, especialmente para caracteres de aparência geral de tubérculo são limitadas a poucos trabalhos, os quais não abordaram caracteres relacionados à cor da polpa. Portanto, a utilização de populações segregantes para cor da película e da polpa complementarará essas informações.

Nesse sentido, o objetivo geral desta tese foi avançar conhecimento em relação à herança dos caracteres de aparência externa e interna, e rendimento de tubérculos de clones de polpa colorida. Os objetivos específicos foram: 1) estimar capacidade de combinação de clones de batata de polpa colorida e de polpa creme e amarelo claro para caracteres de aparência externa e interna e de rendimento de tubérculos; 2) estimar parâmetros genéticos de caracteres de aparência externa e interna e de rendimento de tubérculos, e suas implicações na seleção em uma população híbrida constituída de famílias segregantes para cor da polpa; e, 3)

caracterizar clones de batata de polpa colorida quanto à concentração de compostos bioativos, caracteres de qualidade industrial e de rendimento de tubérculos.

2. Capítulo I - Capacidade de combinação de clones de batata para caracteres de aparência externa e interna e de rendimento de tubérculos

2.1 Introdução

Com a valorização de produtos com potencial funcional, batatas de polpa colorida estão cada vez mais difundidas nos mercados de diversos países. Além da pigmentação exótica, essas batatas ditas “especiais” apresentam teores significativamente maiores de compostos fenólicos do que as tradicionais (BROWN et al., 2005). Esses compostos são considerados fitoquímicos promotores da saúde devido às propriedades benéficas associadas à redução do risco de desenvolver doenças crônicas (EZEKIEL et al., 2013; LIU, 2013). Nesse sentido, os programas de melhoramento genético estão empenhados em desenvolver cultivares de batata de polpa colorida para atender a crescente demanda desse nicho de mercado.

Para a obtenção de populações segregantes promissoras com alto potencial de gerar indivíduos selecionáveis, a escolha de genitores superiores e combinações de cruzamentos são primordiais. Um parâmetro importante para a seleção dos melhores genitores é através da avaliação da capacidade combinatória. Por meio da análise dialélica são obtidas informações a respeito da capacidade de combinação de genitores e dos efeitos genéticos envolvidos no controle dos caracteres (CRUZ et al., 2012). A capacidade geral de combinação (CGC) de um genitor fornece uma estimativa de sua contribuição gamética através do desempenho médio de suas progênes, e está associada a genes de efeito aditivo; enquanto a capacidade específica de combinação (CEC) refere-se ao desvio da média da progênie em relação ao esperado com base na CGC, estando associada a efeitos gênicos não aditivos (dominância e epistasia) (BRADSHAW; MACKAY, 1994).

Na literatura, diferentes resultados têm sido reportados em relação às contribuições das capacidades de combinação para os caracteres de aparência e de rendimento de tubérculos. O predomínio de efeitos genéticos aditivos no controle dos caracteres de aparência foi verificado por Guedes et al. (2016), exceto para

aparência geral, em que ambos os efeitos foram igualmente importantes, à semelhança do que foi relatado por Gopal e Minocha (1998). A superioridade da CGC em relação à CEC para caracteres de aparência também foi relatada por outros autores (TERRES et al., 2017; SILVA et al., 2013; NEELE et al., 1991). Kumar et al. (2008) e Gopal e Minocha (1998) verificaram maior importância dos efeitos não aditivos para cor da película, formato, uniformidade de formato e de tamanho de tubérculo.

Em relação ao rendimento e seus componentes, número e massa média de tubérculos, Manivel et al. (2010) e Silva et al. (2009b) relataram como importantes ambas as capacidades de combinação. A significância das CGC e CEC para número, massa total e massa média também foi verificada por outros estudos, porém com maior contribuição da CGC em relação à CEC (HIRUT et al., 2017; MUHINYUZA et al., 2016; SILVA et al., 2013). Kumar et al. (2008) e Galarreta et al. (2006) relataram maior importância do efeito não aditivo de genes em relação ao aditivo para os caracteres de rendimento. Resultado semelhante foi relatado por Muthoni et al. (2015) para esses caracteres, utilizando genitores relacionados.

Entretanto, as informações disponíveis especialmente para caracteres de aparência são limitadas a poucos trabalhos, e dentre os que envolveram genitores com película colorida, os caracteres relacionados à cor da polpa não foram explorados. No Programa de Melhoramento de Batata da Embrapa, os estudos referentes à capacidade combinatória têm incluído apenas genitores de batata convencional, ou seja, de película vermelha ou amarela e polpa branca, creme ou amarelo claro, portanto, não se tem conhecimento da capacidade combinatória dos clones de polpa colorida.

Nesse sentido, este estudo visou estimar a capacidade de combinação de clones de batata de polpa colorida e de polpa creme e amarelo claro para caracteres de aparência externa e interna e de rendimento de tubérculos.

2.2 Material e Métodos

Foi avaliada uma população híbrida de batata constituída de oito famílias segregantes para cor da polpa, originada de cruzamentos controlados entre dois

grupos de genitores, em modelo de dialelo parcial 3x3, conforme o modelo fatorial (Delineamento II) proposto por Comstock e Robinson (1948). O grupo I foi formado pelos genitores de polpa colorida C2721-22-09, C2719-11-09 e C2743-16-09, e o grupo II pelos genitores de polpa creme e amarelo claro, C1750-15-95, C2514-05-06 e C1883-22-97 (Tabela 1). As combinações proporcionaram a formação de nove famílias, mas, uma delas não produziu número de minitubérculos suficientes e foi desconsiderada (Tabela 2).

Tabela 1- Cor da polpa e genealogia dos genitores de polpa colorida (grupo I) e de polpa creme e amarelo claro (grupo II). Pelotas, 2018.

Grupo	Genitores	Cor da polpa	Cruzamento
I	C2721-22-09	Roxa	All Blue x BRS Eliza
	C2719-11-09	Roxa entremeada com branco	C1730-7-94 x All Blue
	C2743-16-09	Vermelha entremeada com branco	BRSIPR Bel x All Blue
II	C1750-15-95	Creme	C1485-16-86 x Atlantic
	C2514-05-06	Amarelo claro	C1786-9-96 x C1890-1-97
	C1883-22-97	Creme	ND860-2 x XY-14

Dois experimentos foram conduzidos no campo experimental da sede da Embrapa Clima Temperado, Pelotas-RS (31°42' S, 52°24' O, 60 m a.n.m.), nas safras de primavera de 2016 e de 2017. As condições meteorológicas foram típicas para as safras de cultivo.

Tabela 2- Famílias segregantes geradas a partir de dois grupos de genitores, cruzados em modelo de dialelo parcial. Pelotas, 2018.

Família	Cruzamento
C2755	C2721-22-09 x C1750-15-95
C2756	C2721-22-09 x C2514-05-06
C2757	C2721-22-09 x C1883-22-97
C2758	C2719-11-09 x C1750-15-95
C2761	C2719-11-09 x C1883-22-97
C2759	C2743-16-09 x C1750-15-95
C2760	C2743-16-09 x C2514-05-06
C2762	C2743-16-09 x C1883-22-97

No experimento de 2016, foram utilizados tubérculos-semente (minitubérculos) produzidos na primavera de 2015, a partir de sementes botânicas. Essas sementes haviam sido semeadas em caixas-sementeiras, e as plântulas transplantadas e cultivadas em recipientes plásticos contendo 0,25 Kg de substrato comercial. Os minitubérculos produzidos foram armazenados em câmara fria a

3,5±0,5 °C por oito meses, até o plantio do experimento na primavera de 2016, como primeira geração clonal.

Neste experimento, foram utilizados dois minitubérculos de cada *seedling* (genótipo), mais homogêneos possíveis, a partir dos tamanhos disponíveis. O delineamento experimental foi blocos casualizados com quatro repetições, e cada parcela foi composta por uma amostra aleatória de 10 genótipos de cada família. A unidade experimental consistiu de duas plantas espaçadas em 0,30 m na linha e 0,75 m em entre linhas.

A adubação foi feita no sulco de plantio, com 3.000 Kg ha⁻¹ do formulado NPK 05-20-10. Trinta e sete dias após o plantio realizou-se a amontoa e adubação nitrogenada de cobertura, com aplicação de 100 Kg ha⁻¹ de ureia. Os demais tratamentos culturais e fitossanitários seguiram as recomendações para a cultura na região (PEREIRA, 2010).

Aos 117 dias após o plantio, os tubérculos de cada parcela foram colhidos e, realizadas as avaliações dos caracteres de aparência (externa e interna) e de rendimento. Posteriormente, os tubérculos foram armazenados em câmara fria, a 3,5±0,5 °C.

O experimento de primavera de 2017 foi realizado com os tubérculos armazenados do experimento de primavera de 2016. Três tubérculos de tamanho médio de cada genótipo foram plantados a campo, espaçados em 0,30 m na linha e 0,75 m em entre linhas, constituindo a unidade experimental. Utilizou-se o mesmo delineamento e tratamentos culturais e fitossanitários do experimento anterior.

Aos 107 dias após o plantio, os tubérculos de cada parcela foram colhidos e, realizadas as avaliações dos caracteres de aparência (externa e interna) e de rendimento.

Os caracteres de aparência de tubérculos (Figura 1) foram avaliados com base na escala de notas de nove pontos de Silva et al. (2014):

Textura da película: 1- reticulada, 9- lisa;

Profundidade de gemas: 1- profunda, 9- rasa;

Formato de tubérculo: 1- redondo, 9- alongado;

Uniformidade de formato de tubérculo: 1- desuniforme, 9- uniforme;

Uniformidade de tamanho de tubérculo: 1- desuniforme, 9- uniforme;

Apontamento de tubérculo: 1- apontamento acentuado, 9- ausência de apontamento;

Aparência geral de tubérculo: 1- péssima, 9- ótima.

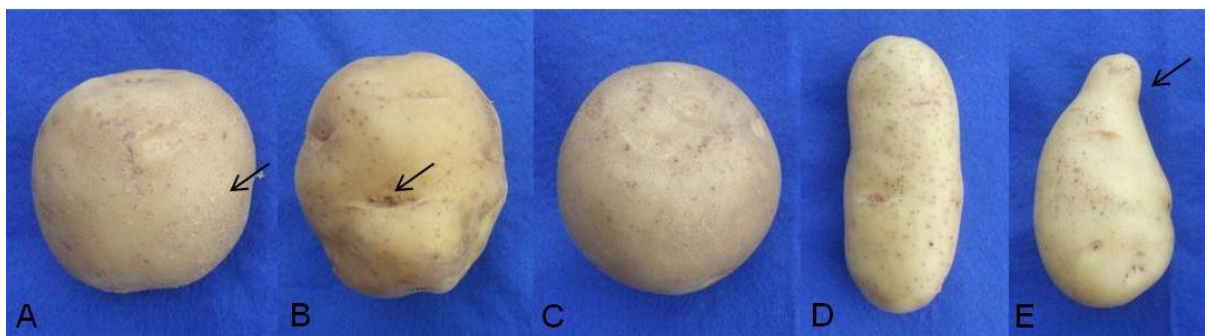


Figura 1– Caracteres de aparência de tubérculos de batata. A: Textura da película (áspera); B: Profundidade de gemas (profundas); C: Formato de tubérculo (redondo); D: Formato de tubérculo (alongado); E: Apontamento de tubérculo (acentuado). Pelotas, 2018.

A cor da película e da polpa foram avaliadas utilizando-se escala de notas de Gómez (2000), adaptada.

Cor da película: 1- branco/creme, 2- amarelo, 3- laranja, 4- marrom, 5- rosa, 6- vermelho, 7- vermelho-púrpura, 8- roxo, 9- roxo-acinzentado.

A cor da polpa (Figura 2) foi avaliada, considerando-se:

Cor predominante: 1- branco, 2- creme, 3- amarelo claro, 4- amarelo intermediário, 5- amarelo intenso, 6- vermelho claro (rosado), 7- vermelho intermediário (rosa), 8- vermelho intenso, 9- roxo claro, 10- roxo intermediário, 11- roxo intenso (violeta).

Cor secundária: 0- ausente, 1- branco, 2- creme, 3- amarelo claro, 4- amarelo intermediário, 5- amarelo intenso, 6- vermelho claro (rosado), 7- vermelho intermediário (rosa), 8- vermelho intenso, 9- roxo claro, 10- roxo intermediário, 11- roxo intenso (violeta).

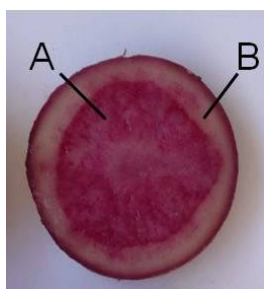


Figura 2– Cor da polpa de tubérculo de batata. A: Cor predominante; B: Cor secundária. Pelotas, 2018.

Distribuição da cor secundária: 0- ausente, 1- poucas manchas, 2- áreas dispersas, 3- anel vascular estreito, 4- anel vascular largo, 5- anel vascular e medula, 6- todo menos medula, 7- borda e medula, 8- dispersas e medula (Figura 3).



Figura 3– Distribuição da cor secundária da polpa de tubérculo de batata. A: poucas manchas; B: áreas dispersas; C: anel vascular estreito; D: anel vascular largo; E: borda e medula; F: dispersas e medula. Pelotas, 2018.

Os caracteres de rendimento de tubérculos avaliados foram os seguintes:

Número de tubérculos por planta;

Massa total de tubérculos por planta (g planta^{-1});

Massa média de tubérculos por planta (g planta^{-1}).

Os dados de cada geração de cultivo foram verificados quanto à distribuição normal dos resíduos (Shapiro-Wilk) e submetidos à análise de deviance ($p \leq 0,05$), cuja significância foi avaliada pelo teste qui-quadrado (χ^2). Os componentes de variância e parâmetros genéticos foram estimados pela máxima verossimilhança restrita (REML individual), utilizando-se o modelo estatístico 88 (RESENDE, 2007):

$$y = Xr + Zm + Wf + Tc + Sp + e$$

em que:

y : é o vetor de dados;

r : é o vetor dos efeitos de repetição (fixos) somados à média geral;

m : é o vetor dos efeitos de genitores do grupo II (aleatórios);

f : é o vetor dos efeitos de genitores do grupo I (aleatórios);

c : é o vetor dos efeitos da capacidade específica de combinação dos genitores do grupo I com os genitores do grupo II (aleatórios);

p : é o vetor dos efeitos de parcela (aleatórios);

e : é o vetor de erros;

X , Z , W , T e S : são matrizes de incidência para os referidos efeitos.

O BLUP (melhor predição linear não viciada) individual foi estimado para obter os componentes de média [efeito genotípico (g) e valor genotípico predito ($u+g$)] da capacidade geral de combinação (grupos I e II) e capacidade específica de combinação. As análises foram realizadas por meio do pacote estatístico Selegen (RESENDE, 2007).

2.3 Resultados

A análise de deviance dos caracteres de aparência de tubérculos avaliados na primeira geração clonal revelou diferença significativa ($p \leq 0,05$) para o efeito da CGC dos genitores do grupo I em relação aos caracteres cor da película, apontamento e aparência geral de tubérculo e, do grupo II para os caracteres profundidade de gemas e apontamento (Tabela 3). Entretanto, para o efeito de CEC, não foi constatada diferença significativa quanto aos 11 caracteres avaliados.

No que se refere aos componentes de variância, verificou-se a predominância de efeitos genéticos aditivos na expressão fenotípica para todos os caracteres (Tabela 3). Para cor da película e aparência geral de tubérculo, a maior contribuição dos efeitos genéticos aditivos na variância fenotípica evidenciada na progênie foi atribuída aos genitores de polpa colorida (grupo I), cerca de 11,00 %.

Com relação à herdabilidade, a maior estimativa dos efeitos aditivos foi verificada para o grupo I, sendo de magnitude baixa para cor da película (h_{aGI}^2 : 0,47) e aparência geral (h_{aGI}^2 : 0,46). As estimativas de herdabilidade interpopulacional no sentido restrito e no sentido amplo apresentaram baixa magnitude para ambos os caracteres.

Para profundidade de gemas (PGE), os efeitos genéticos aditivos dos genitores de polpa creme e amarelo claro (grupo II) tiveram maior contribuição na variância fenotípica (15,00 %) em relação aos de polpa colorida (1,96 %). A herdabilidade no sentido restrito para PGE apresentou magnitude moderada para os genitores do grupo II (h_{aGII}^2 : 0,60). Estimativas baixas foram verificadas para as herdabilidade interpopulacional no sentido restrito (h_a^2 : 0,34) e no sentido amplo (h_g^2 : 0,34).

Com relação ao caráter apontamento de tubérculo (APO), a contribuição da variância genética dos genitores dos grupos I e II na variância fenotípica foi similar. O grupo I contribuiu com 13,10 % e o grupo II com 18,20 % à variância fenotípica. A estimativa de herdabilidade no sentido restrito para APO foi moderada para os genitores do grupo I (h_{aGI}^2 : 0,52) e moderadamente alta para o grupo II (h_{aGII}^2 : 0,73). A herdabilidade no sentido amplo foi moderada (h_g^2 : 0,63).

Tabela 3- Teste da razão de verossimilhança (LRT) para os efeitos de capacidade geral de combinação (CGC) dos grupos I (GI) e II (GII) e dos efeitos de capacidade específica de combinação (CEC), estimativa dos componentes de variância e parâmetros genéticos para caracteres de aparência (externa e interna) de tubérculos de oito famílias segregantes de batata, avaliadas na primeira geração clonal na safra de primavera de 2016, em Pelotas-RS. Pelotas, 2018.

Parâmetro	Caráter										
	COR ¹	TEX	PGE	FOR	UFO	UTA	APO	COR1	COR2	DIST	APA
CGC GI ²	7,04**	2,84	1,33	3,02	0,01	0,01	5,96*	3,58	3,36	0,91	5,53*
CGC GII	0,00	1,78	6,08*	2,55	1,88	0,96	5,88*	2,95	0,00	0,30	0,00
CEC	0,00	0,29	0,00	2,09	0,00	0,56	0,00	0,00	0,00	0,03	0,00
σ_{gGI}^2 ³	0,88	0,32	0,05	0,32	0,01	0,01	0,43	0,25	0,90	0,10	0,19
σ_{gGII}^2	0,00	0,23	0,39	0,32	0,11	0,11	0,60	0,17	0,00	0,04	0,00
σ_a^2	1,77	1,11	0,87	1,28	0,22	0,24	2,07	0,83	1,81	0,27	0,38
σ_{cec}^2	0,00	0,04	0,00	0,08	0,00	0,06	0,00	0,00	0,02	0,01	0,00
σ_{parc}^2	0,17	0,01	0,01	0,01	0,27	0,19	0,01	0,01	0,93	0,01	0,20
σ_e^2	6,49	2,80	2,14	1,43	1,27	1,30	2,25	3,26	14,99	3,98	1,25
σ_f^2	7,55	3,41	2,58	2,16	1,65	1,67	3,30	3,68	16,84	4,14	1,64
h_{aGI}^2	0,47	0,38	0,08	0,59	0,01	0,01	0,52	0,27	0,21	0,09	0,46
h_{aGII}^2	0,00	0,27	0,60	0,59	0,26	0,27	0,73	0,18	0,00	0,04	0,00
h_{dom}^2	0,00	0,05	0,00	0,14	0,01	0,15	0,00	0,00	0,00	0,01	0,00
h_a^2	0,23	0,32	0,34	0,59	0,13	0,14	0,63	0,23	0,11	0,07	0,23
h_g^2	0,24	0,37	0,34	0,73	0,14	0,29	0,63	0,23	0,11	0,08	0,23
c_{cec}^2	0,00	0,01	0,00	0,04	0,00	0,04	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
c_{parc}^2	0,02	0,00	0,00	0,00	0,17	0,11	0,00	0,00	0,06	0,00	0,12
$CV_{gp}(\%)$	17,36	18,62	9,33	14,68	5,09	9,27	17,85	23,99	29,15	23,08	11,93
$CV_e(\%)$	16,66	13,11	6,59	6,79	9,55	12,29	8,58	21,33	47,27	38,16	15,58
Média geral	5,43	4,13	7,10	5,76	6,62	4,61	5,70	2,70	3,30	1,68	3,65

¹COR: cor da película; TEX: textura da película; PGE: profundidade de gemas; FOR: formato de tubérculo; UFO: uniformidade de formato de tubérculo; UTA: uniformidade de tamanho de tubérculo; APO: apontamento de tubérculo; COR1: cor predominante da polpa; COR2: cor secundária da polpa; DIST: distribuição da cor secundária; e, APA: aparência geral de tubérculo.

²Valores de LRT; ** e *Significativo a 1 e 5 % de probabilidade do erro, respectivamente, pelo teste χ^2 com 1 grau de liberdade.

³ σ_{gGI}^2 : variância genética entre genitores do grupo I; σ_{gGII}^2 : variância genética entre genitores do grupo II; σ_a^2 : variância genética aditiva média; σ_{cec}^2 : variância da capacidade específica de combinação interpopulacional entre dois genitores; σ_{parc}^2 : variância entre parcelas; σ_e^2 : variância residual; σ_f^2 : variância fenotípica individual; h_{aGI}^2 : herdabilidade individual no sentido restrito no grupo I; h_{aGII}^2 : herdabilidade individual no sentido restrito no grupo II; h_{dom}^2 : herdabilidade individual dos efeitos interpopulacionais de dominância; h_a^2 : herdabilidade interpopulacional individual no sentido restrito, média para os dois grupos de genitores; h_g^2 : herdabilidade interpopulacional individual no sentido amplo; c_{cec}^2 : coeficiente de determinação dos efeitos da capacidade específica de combinação; c_{parc}^2 : coeficiente de determinação dos efeitos de parcela; $CV_{gp}(\%)$: coeficiente de variação genotípico entre progênies; $CV_e(\%)$: coeficiente de variação residual.

Para o caráter formato de tubérculo, a estimativa de herdabilidade interpopulacional no sentido restrito foi moderada (h_a^2 : 0,59) e no sentido amplo, moderadamente alta (h_g^2 : 0,73).

O coeficiente de variação genotípico para os caracteres cor da película, textura da película, profundidade de gemas, formato de tubérculo, apontamento e cor predominante da polpa foi maior do que o coeficiente de variação residual.

No que tange aos dados dos caracteres de aparência de tubérculos avaliados na segunda geração clonal, a análise de deviance revelou diferença significativa ($p \leq 0,05$) para o efeito da CGC dos genitores do grupo I em relação aos caracteres cor da película, formato de tubérculo, cor predominante da polpa e distribuição da cor secundária. Os genitores do grupo II apresentaram significância para o efeito da CGC apenas para o caráter profundidade de gemas (Tabela 4). O efeito de CEC não revelou diferença significativa para os 11 caracteres avaliados.

Com relação aos componentes de variância, assim como na geração anterior, verificou-se a predominância dos efeitos aditivos na variância fenotípica. Para os caracteres cor da película, cor predominante da polpa e distribuição da cor secundária, a maior contribuição dos efeitos genéticos aditivos na variância fenotípica foi atribuída aos genitores de polpa colorida. Entretanto, as estimativas de herdabilidade para esses caracteres foram de baixa magnitude ($h^2: \leq 0,38$).

Para formato de tubérculo, os efeitos genéticos aditivos dos genitores de polpa colorida (grupo I) contribuíram com 33,11 % na variância fenotípica. Para esse caráter, as estimativas de herdabilidade no sentido restrito para o grupo I ($h_{aGI}^2: 1,00$), interpopulacional no sentido restrito ($h_a^2: 0,86$) e no sentido amplo ($h_g^2: 0,96$) foram elevadas.

Com relação ao caráter profundidade de gemas, a maior contribuição dos efeitos genéticos aditivos na variância fenotípica foi atribuída aos genitores de polpa creme e amarelo claro (grupo II), 15,84 %. Para PGE, a estimativa de herdabilidade foi moderadamente alta no sentido restrito para o grupo II ($h_{aGII}^2: 0,72$) e baixa para as herdabilidade interpopulacional no sentido restrito e no sentido amplo.

Quanto aos coeficientes de variação, os caracteres cor da película, profundidade de gemas, formato de tubérculo e apontamento de tubérculo apresentaram superioridade do coeficiente de variação genotípico em relação ao residual, refletindo a predominância de efeitos genéticos. Portanto, a população pode promover ganhos para a melhoria desses caracteres.

Tabela 4- Teste da razão de verossimilhança (LRT) para os efeitos de capacidade geral de combinação (CGC) dos grupos I (GI) e II (GII) e dos efeitos de capacidade específica de combinação (CEC), estimativa dos componentes de variância e parâmetros genéticos para caracteres de aparência (externa e interna) de tubérculos de oito famílias segregantes de batata, avaliadas na segunda geração clonal na safra de primavera de 2017, em Pelotas-RS. Pelotas, 2018.

Parâmetro	Caráter										
	COR ¹	TEX	PGE	FOR	UFO	UTA	APO	COR1	COR2	DIST	APA
CGC GI ²	7,36**	0,00	2,35	5,87*	0,09	1,28	0,11	4,97*	2,44	4,51*	0,00
CGC GII	0,00	1,37	6,13*	2,17	0,02	1,79	0,91	0,03	0,01	0,00	0,00
CEC	0,00	0,00	0,00	2,19	0,00	0,00	2,25	0,00	0,00	0,00	0,00
σ_{gGI}^2 ³	0,69	0,00	0,12	0,85	0,01	0,04	0,04	0,58	0,38	0,34	0,00
σ_{gGII}^2	0,00	0,06	0,59	0,25	0,00	0,08	0,24	0,01	0,01	0,00	0,00
σ_a^2	1,37	0,12	1,41	2,19	0,01	0,25	0,56	1,18	0,77	0,68	0,00
σ_{cec}^2	0,00	0,00	0,00	0,07	0,00	0,00	0,17	0,01	0,01	0,00	0,00
σ_{parc}^2	0,03	0,12	0,14	0,00	0,04	0,11	0,09	0,23	0,04	0,14	0,22
σ_e^2	6,53	1,85	2,39	1,39	1,04	1,17	2,24	6,64	11,11	5,81	1,14
σ_f^2	7,25	2,04	3,24	2,56	1,09	1,40	2,78	7,47	11,55	6,29	1,36
h_{aGI}^2	0,38	0,00	0,15	1,00	0,02	0,12	0,06	0,31	0,13	0,22	0,00
h_{aGII}^2	0,00	0,11	0,72	0,39	0,01	0,23	0,35	0,01	0,00	0,00	0,00
h_{dom}^2	0,00	0,00	0,00	0,10	0,01	0,00	0,24	0,00	0,00	0,00	0,01
h_a^2	0,19	0,06	0,44	0,86	0,01	0,18	0,20	0,16	0,07	0,11	0,00
h_g^2	0,19	0,06	0,44	0,96	0,02	0,18	0,45	0,16	0,07	0,11	0,01
c_{cec}^2	0,00	0,00	0,00	0,03	0,00	0,00	0,06	0,00	0,00	0,00	0,00
c_{parc}^2	0,00	0,06	0,04	0,00	0,04	0,08	0,03	0,03	0,00	0,02	0,16
$CV_{gp}(\%)$	14,93	4,23	14,15	20,47	1,38	6,55	12,11	24,04	26,02	31,81	1,15
$CV_e(\%)$	14,85	9,59	10,34	7,19	5,50	8,86	10,11	29,38	44,57	46,17	12,40
Média geral	5,55	5,79	5,95	5,27	6,91	5,40	5,54	3,22	2,41	1,84	4,65

¹COR: cor da película; TEX: textura da película; PGE: profundidade de gemas; FOR: formato de tubérculo; UFO: uniformidade de formato de tubérculo; UTA: uniformidade de tamanho de tubérculo; APO: apontamento de tubérculo; COR1: cor predominante da polpa; COR2: cor secundária da polpa; DIST: distribuição da cor secundária; e, APA: aparência geral de tubérculo.

²Valores de LRT; ** e *Significativo a 1 e 5 % de probabilidade do erro, respectivamente, pelo teste χ^2 com 1 grau de liberdade.

³ σ_{gGI}^2 : variância genética entre genitores do grupo I; σ_{gGII}^2 : variância genética entre genitores do grupo II; σ_a^2 : variância genética aditiva média; σ_{cec}^2 : variância da capacidade específica de combinação interpopulacional entre dois genitores; σ_{parc}^2 : variância entre parcelas; σ_e^2 : variância residual; σ_f^2 : variância fenotípica individual; h_{aGI}^2 : herdabilidade individual no sentido restrito no grupo I; h_{aGII}^2 : herdabilidade individual no sentido restrito no grupo II; h_{dom}^2 : herdabilidade individual dos efeitos interpopulacionais de dominância; h_a^2 : herdabilidade interpopulacional individual no sentido restrito, média para os dois grupos de genitores; h_g^2 : herdabilidade interpopulacional individual no sentido amplo; c_{cec}^2 : coeficiente de determinação dos efeitos da capacidade específica de combinação; c_{parc}^2 : coeficiente de determinação dos efeitos de parcela; $CV_{gp}(\%)$: coeficiente de variação genotípico entre progênies; $CV_e(\%)$: coeficiente de variação residual.

Verifica-se que para os caracteres cor da película, formato e aparência geral de tubérculo, e para os relacionados à cor da polpa (cor predominante da polpa, cor secundária da polpa e distribuição da cor secundária), a contribuição da variância

genética dos genitores de polpa colorida (grupo I) foi superior a dos genitores de polpa creme e amarelo claro (grupo II). Para os demais caracteres, o grupo II teve maior contribuição.

Quanto aos caracteres de rendimento de tubérculos, a análise de deviance revelou significância ($p \leq 0,05$) apenas para o efeito da CGC dos genitores do grupo II em relação aos caracteres massa média de tubérculos na primeira geração clonal, e número de tubérculos na segunda geração clonal (Tabela 5). Portanto, para esses caracteres, foi constatada superioridade de efeitos genéticos aditivos dos genitores de polpa creme e amarelo claro (grupo II) na fração da variância fenotípica.

Para massa média de tubérculos, as estimativas de herdabilidade no sentido restrito para o grupo II (h_{aGII}^2 : 0,34), interpopulacional no sentido restrito (h_a^2 : 0,17) e no sentido amplo (h_g^2 : 0,17) foram baixas.

O caráter número de tubérculos apresentou estimativa elevada de herdabilidade no sentido restrito para o grupo II (h_{aGII}^2 : 0,83). As herdabilidade interpopulacional no sentido restrito e no sentido amplo foram de baixa magnitude (h^2 : $\leq 0,45$).

A superioridade do coeficiente de variação genotípico em relação ao residual foi observada apenas na segunda geração clonal nos caracteres número e massa total de tubérculos.

A predominância de efeitos significativos para CGC nos caracteres de aparência (externa e interna) e de rendimento de tubérculos é comprovada através das estimativas nulas de herdabilidade dos efeitos interpopulacionais de dominância (h_{dom}^2) e baixas dos coeficientes de determinação dos efeitos da capacidade específica de combinação (c_{cec}^2). Portanto, esses resultados sugerem a exploração de estratégias que priorizem efeitos genéticos aditivos, herdabilidade no sentido restrito e CGC.

Tabela 5- Teste da razão de verossimilhança (LRT) para os efeitos de capacidade geral de combinação (CGC) dos grupos I (GI) e II (GII) e dos efeitos de capacidade específica de combinação (CEC), estimativa dos componentes de variância e parâmetros genéticos para caracteres de rendimento de tubérculos de oito famílias segregantes de batata, avaliadas na primeira e segunda geração clonal, nas safras de primavera de 2016 e 2017, respectivamente, em Pelotas-RS. Pelotas, 2018.

Parâmetro	Primeira geração clonal			Segunda geração clonal		
	NUM ¹	MTT	MMT	NUM	MTT	MMT
CGC GI ²	0,00	0,46	0,00	0,00	0,00	0,00
CGC GII	0,00	1,12	5,02*	4,27*	2,14	3,59
CEC	0,00	0,01	0,00	0,09	0,73	0,00
σ_{gGI}^2 ³	0,05	827,99	0,19	0,02	35,86	0,03
σ_{gGII}^2	0,02	1552,85	34,54	4,23	6113,42	11,78
σ_a^2	0,15	4761,68	69,46	8,48	12298,57	23,63
σ_{cec}^2	0,11	95,23	0,34	0,19	1492,72	0,33
σ_{parc}^2	0,57	224,67	19,43	1,68	3615,52	4,62
σ_e^2	236,52	55163,75	355,44	14,35	36543,52	173,43
σ_f^2	237,27	57864,48	409,94	20,46	47801,05	190,20
h_{aGI}^2	0,00	0,06	0,00	0,00	0,00	0,00
h_{aGII}^2	0,00	0,11	0,34	0,83	0,51	0,25
h_{dom}^2	0,00	0,01	0,00	0,04	0,12	0,01
h_a^2	0,00	0,08	0,17	0,41	0,26	0,12
h_g^2	0,00	0,09	0,17	0,45	0,38	0,13
c_{cec}^2	0,00	0,00	0,00	0,01	0,03	0,00
c_{parc}^2	0,00	0,00	0,05	0,08	0,08	0,02
$CV_{gp}(\%)$	3,14	10,85	15,04	19,03	19,93	8,81
$CV_e(\%)$	36,17	16,52	18,83	15,97	19,44	11,84
Média geral	13,61	458,72	39,38	11,06	438,54	39,58

¹NUM: número de tubérculos; MTT: massa total de tubérculos; e, MMT: massa média de tubérculos.

²Valores de LRT; ** e *Significativo a 1 e 5 % de probabilidade do erro, respectivamente, pelo teste χ^2 com 1 grau de liberdade.

³ σ_{gGI}^2 : variância genética entre genitores do grupo I; σ_{gGII}^2 : variância genética entre genitores do grupo II; σ_a^2 : variância genética aditiva média; σ_{cec}^2 : variância da capacidade específica de combinação interpopulacional entre dois genitores; σ_{parc}^2 : variância entre parcelas; σ_e^2 : variância residual; σ_f^2 : variância fenotípica individual; h_{aGI}^2 : herdabilidade individual no sentido restrito no grupo I; h_{aGII}^2 : herdabilidade individual no sentido restrito no grupo II; h_{dom}^2 : herdabilidade individual dos efeitos interpopulacionais de dominância; h_a^2 : herdabilidade interpopulacional individual no sentido restrito, média para os dois grupos de genitores; h_g^2 : herdabilidade interpopulacional individual no sentido amplo; c_{cec}^2 : coeficiente de determinação dos efeitos da capacidade específica de combinação; c_{parc}^2 : coeficiente de determinação dos efeitos de parcela; $CV_{gp}(\%)$: coeficiente de variação genotípico entre progênes; $CV_e(\%)$: coeficiente de variação residual.

Os efeitos estimados (BLUP individual) para a capacidade geral de combinação de seis clones de batata nos caracteres de aparência (externa e interna) de tubérculos estão apresentados na Tabela 6.

No que tange as estimativas da primeira geração clonal, para o caráter cor da película os clones C2721-22-09 e C2719-11-09 do grupo I apresentaram os maiores

efeitos genotípicos positivos, contribuindo para o aumento da expressão desse caráter. O clone C2743-16-09 apresentou efeito genotípico negativo, favorecendo tubérculos com cor de película mais clara.

Para profundidade de gemas, verifica-se que entre os genitores de polpa creme e amarelo claro (grupo II), o clone C2514-05-06 apresentou efeito genotípico positivo, contribuindo para a obtenção de progênes com tubérculos com gemas rasas, ao passo que o clone C1883-22-97 contribuiu com alelos desfavoráveis, dado o efeito genotípico negativo.

Quanto ao caráter apontamento de tubérculo, o clone C2721-22-09 do grupo I e o clone C1883-22-97 do grupo II contribuíram positivamente para a diminuição do apontamento de tubérculo. Por outro lado, os clones C2743-16-09 (grupo I) e C2514-05-06 (grupo II) favoreceram tubérculos com apontamento mais acentuado.

Com relação ao caráter aparência geral, o clone C2721-22-09 mostrou-se o melhor genitor no grupo I, devido ao efeito genotípico influenciando positivamente o valor genotípico predito, enquanto, o clone C2743-16-09 contribuiu com alelos desfavoráveis para este caráter.

No que se refere às estimativas da segunda geração clonal, para os caracteres cor da película e profundidade de gemas verificou-se comportamento dos genitores semelhante ao evidenciado na geração anterior. Os clones C2721-22-09 e C2719-11-09 contribuíram positivamente para tubérculos com coloração de película mais escura, enquanto o clone C2514-05-06 demonstrou ser um genitor promissor para a obtenção de progênes com tubérculos com gemas rasas (Tabela 6).

Quanto ao caráter formato de tubérculo, efeito genotípico positivo foi apresentado pelo clone C2743-16-09 (grupo I), favorecendo a obtenção de famílias com tubérculos mais alongados, ao passo que os clones C2721-22-09 e C2719-11-09 contribuíram para tubérculos mais arredondados. Pode-se verificar que os três clones contribuíram com genes de efeito aditivo, uma vez que C2743-16-09 apresenta tubérculos alongados, e C2721-22-09 e C2719-11-09 tubérculos ovalados curto.

Com relação aos caracteres relacionados à cor da polpa, cor predominante da polpa e distribuição da cor secundária, verifica-se que entre os genitores de polpa colorida (grupo I), o clone C2721-22-09 apresentou maior efeito genotípico, influenciando positivamente o valor genotípico predito, portanto, evidenciando efeitos aditivos dos genes, por esse clone apresentar polpa roxa intensamente pigmentada.

Por outro lado, o clone C2743-16-09 apresentou efeito negativo, favorecendo cor de polpa mais clara.

De acordo com as estimativas de CGC para o conjunto de caracteres de aparência geral, observa-se superioridade dos clones C2721-22-09 e C2719-11-09 (grupo I) e C2514-05-06 (grupo II), por apresentarem os maiores efeitos genotípicos, contribuindo com genes de efeito aditivo para a melhoria dos caracteres que compõe a aparência dos tubérculos.

Tabela 6- Estimativa dos componentes de média para capacidade geral de combinação (CGC) de seis genitores de batata para caracteres de aparência (externa e interna) de tubérculos, avaliados na primeira e segunda geração clonal, nas safras de primavera de 2016 e 2017, respectivamente, em Pelotas-RS. Pelotas, 2018.

		Primeira geração clonal																					
Genitor	COR ¹		TEX		PGE		FOR		UFO		UTA		APO		COR1		COR2		DIST		APA		
	g ²	u+g	g	u+g	g	u+g	g	u+g	g	u+g	g	u+g	g	u+g	g	u+g	g	u+g	g	u+g	g	u+g	
Grupo I	C2721-22-09	0,32	5,75	0,08	4,21	-0,08	7,02	-0,34	5,42	-0,01	6,62	0,02	4,63	0,51	6,22	0,25	2,95	0,60	3,90	0,18	1,86	0,38	4,03
	C2719-11-09	0,70	6,13	0,48	4,61	-0,13	6,97	-0,26	5,50	-0,02	6,60	-0,02	4,58	0,20	5,90	0,29	2,99	0,35	3,65	0,11	1,78	0,03	3,68
	C2743-16-09	-1,01	4,42	-0,56	3,57	0,21	7,31	0,60	6,36	0,03	6,65	0,00	4,61	-0,71	4,99	-0,53	2,17	-0,95	2,34	-0,29	1,39	-0,41	3,24
Grupo II	C1750-15-95	0,00	5,44	0,08	4,21	-0,01	7,09	0,06	5,82	-0,27	6,35	-0,30	4,30	0,11	5,81	0,37	3,07	0,00	3,30	0,13	1,81	0,00	3,65
	C2514-05-06	0,00	5,43	-0,47	3,66	0,61	7,71	0,50	6,26	0,28	6,90	0,22	4,83	-0,81	4,90	0,00	2,70	0,00	3,30	0,00	1,67	0,00	3,65
	C1883-22-97	0,00	5,43	0,39	4,52	-0,60	6,50	-0,55	5,21	-0,01	6,62	0,09	4,69	0,70	6,40	-0,37	2,33	0,00	3,30	-0,13	1,55	0,00	3,65
		Segunda geração clonal																					
Genitor	COR		TEX		PGE		FOR		UFO		UTA		APO		COR1		COR2		DIST		APA		
	g	u+g	g	u+g	g	u+g	g	u+g	g	u+g	g	u+g	g	u+g	g	u+g	g	u+g	g	u+g	g	u+g	
Grupo I	C2721-22-09	0,36	5,91	0,00	5,78	-0,14	5,81	-0,31	4,96	0,01	6,92	0,09	5,49	0,09	5,63	0,66	3,88	0,47	2,88	0,49	2,33	0,00	4,65
	C2719-11-09	0,54	6,10	0,00	5,79	-0,20	5,75	-0,70	4,56	0,03	6,95	0,10	5,49	0,04	5,58	0,08	3,30	0,10	2,51	0,06	1,91	0,00	4,65
	C2743-16-09	-0,90	4,65	0,00	5,79	0,34	6,29	1,01	6,28	-0,04	6,87	-0,19	5,21	-0,13	5,42	-0,74	2,48	-0,57	1,84	-0,55	1,29	0,00	4,65
Grupo II	C1750-15-95	0,00	5,55	-0,08	5,70	-0,25	5,70	0,03	5,30	-0,02	6,90	-0,15	5,25	0,08	5,62	0,03	3,26	0,03	2,44	0,01	1,85	0,00	4,65
	C2514-05-06	0,00	5,55	-0,14	5,65	0,83	6,78	0,44	5,71	0,01	6,93	0,29	5,68	-0,44	5,10	0,01	3,23	-0,03	2,38	0,00	1,84	0,00	4,65
	C1883-22-97	0,00	5,55	0,22	6,00	-0,58	5,37	-0,48	4,79	0,00	6,92	-0,14	5,26	0,37	5,91	-0,04	3,18	0,00	2,41	-0,01	1,84	0,00	4,65

¹COR: cor da película; TEX: textura da película; PGE: profundidade de gemas; FOR: formato de tubérculo; UFO: uniformidade de formato de tubérculo; UTA: uniformidade de tamanho de tubérculo; APO: apontamento de tubérculo; COR1: cor predominante da polpa; COR2: cor secundária da polpa; DIST: distribuição da cor secundária; e, APA: aparência geral de tubérculo.

²g: efeito genotípico; u+g: valor genotípico predito.

Com relação às estimativas dos efeitos de CGC para os caracteres de rendimento de tubérculos, na primeira geração clonal verifica-se que para massa média de tubérculos o clone C2514-05-06 do grupo II apresentou maior efeito genotípico positivo, contribuindo para o aumento desse caráter. Por outro lado, o clone C1883-22-97 favoreceu a obtenção de famílias com tubérculos com menor massa média, em decorrência do efeito genotípico negativo (Tabela 7).

Tabela 7- Estimativa dos componentes de média para capacidade geral de combinação (CGC) de seis genitores de batata para caracteres de rendimento de tubérculos, avaliados na primeira e segunda geração clonal, nas safras de primavera de 2016 e 2017, respectivamente, em Pelotas-RS. Pelotas, 2018.

		Primeira geração clonal					
Genitor		NUM ¹		MTT		MMT	
		g ²	u+g	g	u+g	g	u+g
Grupo I	C2721-22-09	0,00	13,60	-16,49	442,23	0,06	39,43
	C2719-11-09	0,03	13,63	24,03	482,75	-0,03	39,35
	C2743-16-09	-0,03	13,58	-7,54	451,18	-0,03	39,35
Grupo II	C1750-15-95	0,00	13,60	32,13	490,86	0,50	39,88
	C2514-05-06	0,00	13,60	-33,49	425,23	5,16	44,54
	C1883-22-97	0,01	13,61	1,35	460,08	-5,66	33,72
		Segunda geração clonal					
Genitor		NUM		MTT		MMT	
		g	u+g	g	u+g	g	u+g
Grupo I	C2721-22-09	-0,02	11,03	-0,53	438,01	0,00	39,58
	C2719-11-09	0,01	11,06	0,41	438,94	0,00	39,58
	C2743-16-09	0,02	11,07	0,12	438,66	-0,01	39,57
Grupo II	C1750-15-95	1,07	12,13	63,89	502,43	3,22	42,80
	C2514-05-06	-2,27	8,79	-76,17	362,36	-0,22	39,36
	C1883-22-97	1,20	12,25	12,28	450,82	-3,00	36,57

¹NUM: número de tubérculos; MTT: massa total de tubérculos; e, MMT: massa média de tubérculos.

²g: efeito genotípico; u+g: valor genotípico predito.

Apesar do efeito genotípico positivo do clone C2514-05-06 para massa média de tubérculos, esse genitor apresentou efeito contrário para os demais caracteres nas duas gerações de cultivo, demonstrando contribuição indesejável de genes aditivos para caracteres de rendimento.

A respeito das estimativas da segunda geração clonal, para o caráter número de tubérculos, os clones C1750-15-95 e C1883-22-97 contribuíram positivamente para o aumento da expressão do caráter, entretanto, esse último, apresentou efeito genotípico negativo para massa média de tubérculos, assim como observado na geração anterior.

Para massa total de tubérculos, embora nos dois grupos não tenha sido detectado diferenças significativas dos efeitos da CGC, o clone C1750-15-95 foi estável nas duas gerações, apresentando efeito genotípico positivo.

Em relação ao conjunto dos caracteres de rendimento de tubérculos, o clone C1750-15-95 (grupo II) destacou-se dos demais. Portanto, o seu uso em cruzamentos poderá contribuir para obter populações promissoras para rendimento.

2.4 Discussão

Todo programa de melhoramento genético de plantas visa produzir populações segregantes superiores com alto potencial de gerar indivíduos selecionáveis durante as gerações de seleção. A escolha dos genitores constitui a fase mais importante desse processo. Por meio da análise dialélica, estimativas de parâmetros úteis à seleção de genitores e informações sobre o controle genético de caracteres são obtidas. Além disso, a identificação de genitores superiores e combinações híbridas permite aos melhoristas preverem o desempenho do cruzamento, selecionando famílias com base em informações de pedigree, em vez de clones elite individuais (BRADSHAW et al., 1995).

Neste estudo, constatou-se predomínio de efeitos aditivos de genes no controle dos caracteres de aparência e de rendimento de tubérculos. Dessa forma, o desempenho da progênie pode ser previsto sem a realização dos cruzamentos e avaliação dos híbridos (BARBOSA; PINTO, 1998).

O predomínio de efeitos genéticos aditivos também foi verificado por Guedes et al. (2016) para os caracteres textura da película, profundidade de gemas e formato de tubérculo, enquanto para aparência geral, os efeitos aditivos e não aditivos foram igualmente importantes. Da mesma forma, Neele et al. (1991) constataram maior importância de efeitos aditivos para cor da película, profundidade de gemas, formato e aparência geral de tubérculo. Terres et al. (2017) e Silva et al. (2013) relataram como importantes ambas as capacidades de combinação, porém com predominância da CGC. A superioridade da CEC em relação à CGC foi constatada por Kumar et al. (2008) para os caracteres cor da película, uniformidade de formato e de tamanho de tubérculo, enquanto para formato, ambas as capacidades foram importantes. Gopal e Minocha (1998) também verificaram maior

importância da CEC para cor da película e formato de tubérculo, ao passo que para aparência de tubérculo as capacidades foram igualmente importantes.

Em relação ao rendimento de tubérculos e seus componentes, Terres et al. (2017) também relataram predomínio de efeitos aditivos no controle dos caracteres. Resultados semelhantes foram obtidos por Brown e Caligari (1989) para número e massa total, enquanto para massa média de tubérculos, as capacidades geral e específica foram importantes. A significância das CGC e CEC para número, massa total e massa média de tubérculos, com igual importância de ambas as capacidades foi relatada por Manivel et al. (2010) e Silva et al. (2009b), enquanto Hirut et al. (2017), Muhinyuza et al. (2016), Silva et al. (2013) e, Barbosa e Pinto (1998) verificaram contribuição superior da CGC em relação à CEC.

Por outro lado, Muthoni et al. (2015), Kumar et al. (2008) e Galarreta et al., (2006) relataram predominância da CEC nos caracteres de rendimento. Tai (1976) verificou predomínio de CEC para número e massa total de tubérculos, enquanto para massa média de tubérculos a CGC foi mais importante. Killick (1977) também constatou predomínio de efeitos não aditivos para massa total de tubérculos, ao passo que para número de tubérculos o efeito aditivo predominou, enquanto para massa média, ambos os efeitos foram importantes.

De maneira geral, pode-se afirmar que ambos os efeitos gênicos aditivos e não aditivos são importantes para os caracteres de aparência e de rendimento de tubérculos, com o efeito aditivo sendo predominante. A importância da CGC e CEC é altamente dependente da população de referência. Neele et al. (1991) sugeriram que, em cruzamentos envolvendo genitores relacionados, a CEC tende a ser mais importante que a CGC devido ao número de alelos diferentes provavelmente ser mais limitado, conseqüentemente, a variação na ação gênica aditiva também seria limitada, enquanto a ação não aditiva, como epistasia, poderia resultar em uma variação entre progênies relativamente grande. Os genitores usados neste estudo não são relacionados geneticamente o que contribui para a explicação dos resultados encontrados.

As estimativas de herdabilidade no sentido restrito moderadas a elevadas para apontamento de tubérculo (grupos I e II) na primeira geração clonal, para formato de tubérculo (grupo I) em ambas as gerações, para profundidade de gemas (grupo II) em ambas as gerações, e para número de tubérculos (grupo II) na segunda geração clonal, devem-se a maior contribuição genética aditiva dos

genitores de polpa colorida e/ou de polpa creme e amarelo claro na expressão fenotípica desses caracteres. Isso indica que os genitores podem ser selecionados com base nos seus desempenhos de CGC, permitindo ao melhorista projetar esquemas de cruzamentos baseados em clones parentais com alta capacidade de transmitir caracteres desejáveis às progênes (TIERNO et al., 2018; TAI, 1976).

Tendo em vista que para esse nicho de mercado, os clones superiores devem apresentar além de boa aparência, elevado rendimento de tubérculos e polpa com coloração atrativa, nota-se que os clones que se destacaram como genitores com relação aos caracteres de aparência, não apresentaram efeitos genotípicos positivos para os caracteres de rendimento de tubérculos. Portanto, o seu uso em novas combinações híbridas, visando à obtenção de progênes superiores deve ser explorado com cautela, devido às respectivas contribuições favoráveis ou não.

Com relação à capacidade de combinação geral, o clone C2721-22-09 foi o melhor combinador para a maioria dos caracteres de aparência, incluindo cor da película, formato, apontamento e aparência geral de tubérculo, e os relacionados à cor da polpa (cor predominante da polpa e distribuição da cor secundária). Esse clone tem em sua genealogia 'All Blue', de película e polpa roxa, como genitor feminino e a cultivar BRS Eliza como genitor masculino. 'BRS Eliza' tem sido relatada por ter boa capacidade geral de combinação para aparência e seus componentes (TERRES et al., 2017). Portanto, a utilização do clone C2721-22-09 de polpa roxa como genitor, poderá contribuir para a melhoria de caracteres de aparência, favorecendo a obtenção de progênes com polpa pigmentada e agregando qualidade funcional aos genótipos. Tendo em vista que os teores de antocianinas estão intimamente correlacionados com a intensidade da pigmentação do tubérculo, vermelha ou roxa, (BROWN et al., 2005) a seleção precoce para compostos bioativos pode ser realizada visualmente.

O clone C2719-11-09, de polpa roxa entremeada com branco, também foi bom combinador geral para cor da película, formato e apontamento de tubérculo. Dentre os genitores de polpa creme e amarelo claro, apenas o clone C2514-05-06 destacou-se dos demais, apresentando elevada CGC para profundidade de gemas, além de efeito genotípico positivo para formato de tubérculo. Entretanto, esse clone contribuiu para a obtenção de progênes com tubérculos apontados. Li et al. (2005) constataram que os genes que conferem profundidade de gemas e formato estão ligados. Da mesma forma, Silva et al. (2008) verificou que os caracteres formato e

apontamento estão correlacionados negativamente. Portanto, esse comportamento era esperado, uma vez que tubérculos mais alongados tendem a ter gemas mais rasas, e maior expressão do caráter apontamento.

No que tange aos caracteres de rendimento, apenas o clone C1750-15-95 demonstrou boa capacidade geral de combinação. Em estudos anteriores, esse clone apresentou comportamento diferenciado, revelando-se um genitor indesejável, em decorrência das menores estimativas de CGC para número, massa total e massa média de tubérculos (TERRES et al., 2017; SILVA et al., 2009b). Entretanto, o clone C1750-15-95 é reportado por apresentar alta CGC, estando envolvido na genealogia das cultivares BRS Ana (C1750-15-95 x Asterix) e BRS F63 (Camila) (C1750-15-95 x C1883-22-97), lançadas pelo Programa de Melhoramento de Batata da Embrapa (PEREIRA et al., 2018, 2010).

2.5 Conclusão

Há predomínio de efeitos aditivos de genes no controle de caracteres de aparência externa e interna, e de rendimento de tubérculos.

O clone C2721-22-09 tem alto potencial para ser utilizado como genitor na melhoria de caracteres de aparência externa e interna de tubérculo, e o clone C1750-15-95 para ser utilizado como genitor na melhoria de caracteres de rendimento de tubérculos, contribuindo com genes de efeito aditivo.

3. Capítulo II – Parâmetros genéticos de caracteres de aparência externa e interna e de rendimento de tubérculos de batata

3.1 Introdução

As batatas de polpa colorida, amplamente encontradas no centro de origem, estão ganhando espaço no mercado de diversos países (LACHMAN et al., 2016). Além da pigmentação intensa e atraente, essas batatas não convencionais contêm teores elevados de antocianinas (BROWN, 2005), que promovem efeitos benéficos à saúde e são consideradas verdadeiras aliadas na prevenção de doenças cardiovasculares, neurodegenerativas e do câncer (EZEKIEL et al., 2013; KASPAR et al., 2011; REDDIVARI et al., 2007a).

A fim de atender a crescente demanda desse nicho de mercado, o desenvolvimento de cultivares de batata de polpa colorida está recebendo atenção especial nos programas de melhoramento genético. Dentre os inúmeros caracteres a serem considerados no processo de seleção, maior importância deve ser dada a aparência de tubérculo, com ênfase em polpa com coloração intensa, visando agregar valor funcional, e ao rendimento de tubérculos, objetivando maior rentabilidade para os produtores.

A natureza tetraploide da batata, com herança tetrassômica e multialelismo, torna os estudos genéticos e o melhoramento mais complexos, especialmente de caracteres quantitativos (PEREIRA et al., 2016). Portanto, para a definição de estratégias de seleção eficazes nas primeiras gerações de seleção, evitando que genótipos superiores sejam descartados, é muito importante dispor de informações de parâmetros genéticos dos caracteres.

A herdabilidade, um dos parâmetros de maior importância para o melhoramento genético, expressa a confiabilidade do valor fenotípico em prever o valor genético (FALCONER, 1981), sendo, portanto, fundamental na determinação da intensidade de seleção ideal e, para a predição do ganho com a seleção. Para a batata, a herdabilidade no sentido amplo assume maior importância, uma vez que

toda a variância genética é utilizável entre as gerações clonais de seleção (TAI; YOUNG, 1984).

Pouco tem sido reportado sobre parâmetros genéticos de caracteres de aparência e de rendimento de tubérculos. De acordo com Silva e Pereira (2011), as informações relatadas na literatura evidenciam que maior pressão de seleção nas gerações iniciais de seleção poderia ser aplicada para os caracteres textura da película, formato, apontamento e curvatura de tubérculo. Entretanto, estudos complementares são necessários, uma vez que muitos caracteres foram avaliados por poucos autores. Com relação aos caracteres de rendimento, estudos recentes têm demonstrado que nas primeiras gerações de seleção pode-se aplicar seleção de intensidade leve a moderada para número, massa total e massa média de tubérculos (NEY et al., 2016; TERRES et al., 2016). Entretanto, Gopal et al. (1994) demonstraram que a seleção para rendimento nas gerações iniciais seria mais efetiva para massa média de tubérculos.

Aparência e rendimento de tubérculos são caracteres governados por muitos genes, sujeitos à maior influência de efeitos ambientais, apresentando assim baixa herdabilidade (SLATER et al., 2014; GOPAL et al., 1994; TAI; YOUNG, 1984). Em vista disso, o conhecimento da associação entre os caracteres de aparência e de rendimento nas gerações iniciais se torna uma ferramenta de informação importantíssima para o melhorista, permitindo que esses caracteres complexos possam ser melhorados por meio da seleção indireta via caracteres correlacionados, facilmente mensuráveis e com alta herdabilidade (CRUZ et al., 2012).

Diante do exposto, o objetivo deste estudo foi estimar parâmetros genéticos de caracteres de aparência externa e interna e de rendimento de tubérculos, e suas implicações na seleção em uma população híbrida constituída de famílias segregantes para cor da polpa.

3.2 Material e Métodos

Foi avaliada uma população híbrida de batata constituída de 12 famílias segregantes para cor da polpa, das quais oito incluíram dois genitores com polpa colorida (roxa ou vermelha), e as demais, genitores com cor de polpa variando do creme a amarelo claro (Tabela 1).

Tabela 1- Genitores utilizados nos cruzamentos para compor a população de estudo. Pelotas, 2018.

Família	Genitor ♀	Genitor ♂
1	All Blue*	CNPHCIP 072
2	C1787-14-96	All Blue*
3	C2514-05-06	Hayashi**
4	F88-01-05	Hayashi**
5	F97-07-04	Hayashi**
6	Hayashi**	C1740-11-95
7	Hayashi**	C2519-12-06
8	Hayashi**	F68-04-06
9	Agria	C1742-8-95
10	Agria	C1787-14-96
11	C1786-07-96	Pukara
12	Rioja	C1786-07-96

*Polpa roxa; **Polpa vermelha.

Os experimentos foram conduzidos em dois ambientes, no campo experimental da sede da Embrapa Clima Temperado, Pelotas-RS (31°42' S, 52°24' O, 60 m a.n.m.) e do Escritório da Secretaria de Inovação e Negócios da Embrapa, Canoinhas-SC (26°10' S, 50°23' O, 839 m a.n.m.), durante a safra de outono de 2016. As condições meteorológicas foram típicas para os ambientes de cultivo.

Os tubérculos-semente (minitubérculos) utilizados nos experimentos foram produzidos na safra de outono de 2015, em casa de vegetação. As sementes botânicas de cada família segregante foram semeadas em caixas-sementeiras, e as plântulas transplantadas e cultivadas em recipientes plásticos contendo 0,80 Kg de substrato comercial. Os minitubérculos produzidos foram armazenados em câmara fria a $3,5 \pm 0,5$ °C por oito meses até o plantio do experimento no outono de 2016, como primeira geração clonal. Devido ao pequeno espaço físico dos recipientes, poucos tubérculos e de tamanho pequeno são produzidos pelos *seedlings*.

Na safra de outono de 2016, de cada *seedling* (genótipo) dois tubérculos-semente mais homogêneos foram selecionados, a partir dos tamanhos disponíveis, um para cada experimento, Pelotas e Canoinhas. O delineamento experimental foi blocos casualizados com três repetições, e cada parcela foi composta por uma amostra aleatória de 11 genótipos (1 tubérculo por genótipo) de cada família. As plantas foram espaçadas em 0,40 m na linha e 0,75 m em entre linhas.

A adubação dos experimentos foi feita no sulco de plantio, com 3.000 Kg ha⁻¹ dos formulados NPK 05-20-10 em Pelotas e NPK 04-14-08 em Canoinhas. Trinta

dias após o plantio foi realizada a amontoa. Em Pelotas, realizou-se adubação nitrogenada de cobertura com aplicação de 100 Kg ha⁻¹ de ureia. Os demais tratos culturais e fitossanitários seguiram as recomendações para a cultura nas respectivas regiões (PEREIRA, 2010). Aos 97 dias após o plantio em Pelotas e 110 dias em Canoinhas, os tubérculos de cada parcela foram colhidos e, realizadas as avaliações dos caracteres de aparência (externa e interna) e de rendimento.

Os caracteres de aparência de tubérculos (Figura 1) foram avaliados com base na escala de notas de nove pontos de Silva et al. (2014):

Textura da película: 1- reticulada, 9- lisa;

Profundidade de gemas: 1- profunda, 9- rasa;

Formato de tubérculo: 1- redondo, 9- alongado;

Uniformidade de formato de tubérculo: 1- desuniforme, 9- uniforme;

Uniformidade de tamanho de tubérculo: 1- desuniforme, 9- uniforme;

Apontamento de tubérculo: 1- apontamento acentuado, 9- ausência de apontamento;

Aparência geral de tubérculo: 1- péssima, 9- ótima.

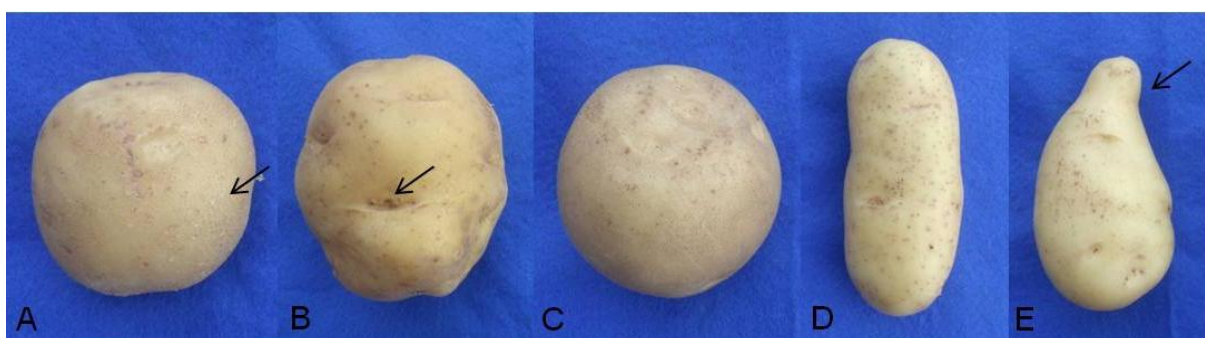


Figura 1- Caracteres de aparência de tubérculos de batata. A: Textura da película (áspera); B: Profundidade de gemas (profundas); C: Formato de tubérculo (redondo); D: Formato de tubérculo (alongado); E: Apontamento de tubérculo (acentuado). Pelotas, 2018.

A cor da película e da polpa foram avaliadas utilizando-se escala de notas de Gómez (2000), adaptada.

Cor da película: 1- branco/creme, 2- amarelo, 3- laranja, 4- marrom, 5- rosa, 6- vermelho, 7- vermelho-púrpura, 8- roxo, 9- roxo-acinzentado.

A cor da polpa (Figura 2) foi avaliada, considerando-se:

Cor predominante: 1- branco, 2- creme, 3- amarelo claro, 4- amarelo intermediário, 5- amarelo intenso, 6- vermelho claro (rosado), 7- vermelho intermediário (rosa), 8- vermelho intenso, 9- roxo claro, 10- roxo intermediário, 11- roxo intenso (violeta).

Cor secundária: 0- ausente, 1- branco, 2- creme, 3- amarelo claro, 4- amarelo intermediário, 5- amarelo intenso, 6- vermelho claro (rosado), 7- vermelho intermediário (rosa), 8- vermelho intenso, 9- roxo claro, 10- roxo intermediário, 11- roxo intenso (violeta).

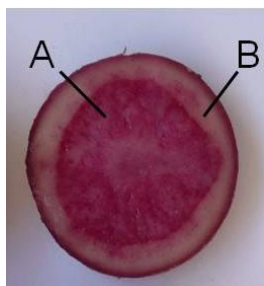


Figura 2- Cor da polpa de tubérculo de batata. A: Cor predominante; B: Cor secundária. Pelotas, 2018.

Distribuição da cor secundária: 0- ausente, 1- poucas manchas, 2- áreas dispersas, 3- anel vascular estreito, 4- anel vascular largo, 5- anel vascular e medula, 6- todo menos medula, 7- borda e medula, 8- dispersas e medula (Figura 3).

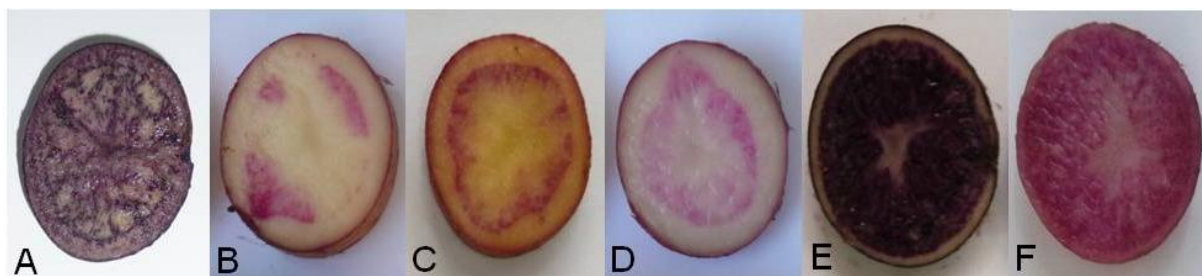


Figura 3- Distribuição da cor secundária da polpa de tubérculo de batata. A: poucas manchas; B: áreas dispersas; C: anel vascular estreito; D: anel vascular largo; E: borda e medula; F: dispersas e medula. Pelotas, 2018.

Os caracteres de rendimento de tubérculos avaliados foram os seguintes:

Número de tubérculos por planta;

Massa total de tubérculos por planta (g planta^{-1});

Massa média de tubérculos por planta (g planta^{-1}).

Os dados foram submetidos à análise de variância conjunta, considerando efeito aleatório para genótipo e ambiente. O modelo estatístico utilizado foi:

$$Y_{ijk} = m + G_i + A_j + (GA)_{ij} + B/A_{jk} + \varepsilon_{ijk}$$

em que:

Y_{ijk} : valor observado para o i -ésimo genótipo, no k -ésimo bloco dentro do j -ésimo ambiente;

m : média geral do ensaio;

G_i : efeito do i -ésimo genótipo ($i = 1, 2, \dots, g$);

A_j : efeito do j -ésimo ambiente ($j = 1, 2, \dots, a$);

$(GA)_{ij}$: efeito da interação do i -ésimo genótipo com o j -ésimo ambiente;

B/A_{jk} : efeito do k -ésimo bloco dentro do j -ésimo ambiente ($k = 1, 2, \dots, k$);

\mathcal{E}_{ijk} : erro experimental associado a Y_{ijk} .

Os componentes da variância foram estimados segundo Cruz et al. (2012). A herdabilidade foi estimada de acordo com Vencovsky e BARRIGA (1992), pela fórmula:

$$h^2 = \frac{\sigma_g^2}{\sigma_g^2 + \frac{\sigma_{ge}^2}{e} + \frac{\sigma_e^2}{er}}$$

em que:

σ_g^2 : variância genética;

σ_{ge}^2 : variância da interação genótipo x ambiente;

σ_e^2 : variância do ambiente;

e : número de ambientes;

r : número de repetições.

A resposta esperada de seleção, com intensidade de seleção de 10 %, foi calculada como:

$$R = i \cdot \sigma_g \cdot h$$

em que:

i : intensidade de seleção;

σ_g : desvio padrão genético;

h : herdabilidade do caráter.

Para determinar o grau de associação entre os caracteres, foi realizada a análise de correlação fenotípica (Spearman) e genética, considerando os ambientes em conjunto, sendo calculadas através das equações:

Correlação de Spearman:

$$r_s = 1 - \frac{6 \sum_{i=1}^n d_i^2}{n^3 - n}$$

em que:

d_i : diferença entre dois pontos;

n : número de pares de valores.

Correlação genética:

$$r_g = \frac{\sigma_{gxy}}{\sqrt{\sigma_{gx}^2 \sigma_{gy}^2}}$$

em que:

σ_{gxy} : estimativa da covariância genotípica entre os caracteres x e y;

σ_{gx}^2 e σ_{gy}^2 : estimativa das variâncias genotípicas dos caracteres x e y, respectivamente.

Foi realizada também a análise de correlação fenotípica entre os ambientes, visando estimar a herdabilidade dos caracteres.

A matriz de correlação genética foi verificada quanto à multicolinearidade e posteriormente, foi realizada a análise de trilha, a fim de identificar a magnitude dos efeitos diretos e indiretos dos caracteres influenciando na aparência geral de tubérculo.

As magnitudes dos coeficientes de correlação foram classificadas conforme Carvalho et al. (2004): $|r|= 0$, 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.

As análises estatísticas foram realizadas com a utilização do pacote estatístico GENES (CRUZ, 2013).

3.3 Resultados

A análise de variância conjunta dos dados dos caracteres de aparência de tubérculos revelou diferenças significativas ($p \leq 0,05$) entre famílias para cor da película, profundidade de gemas, formato de tubérculo, cor predominante da polpa, cor secundária da polpa, distribuição da cor secundária e aparência geral de tubérculo, indicando, portanto, a existência de variabilidade genética e a possibilidade de realizar seleção para o melhoramento da população estudada (Tabela 2).

A interação família x ambiente (F x E) foi significativa para profundidade de gemas e uniformidade de formato de tubérculo. Isso indica que esses caracteres não classificaram todas as famílias numa mesma ordem nos dois ambientes de cultivo, dificultando a seleção considerando os ambientes em conjunto.

Diferença significativa entre os ambientes foi observada para formato de tubérculo e aparência geral de tubérculo, o que demonstra o importante papel do ambiente de seleção para identificar genótipos promissores.

Tabela 2- Resumo da análise de variância conjunta para caracteres de aparência (externa e interna) de tubérculos de 12 famílias segregantes de batata, avaliadas em Pelotas-RS e Canoinhas-SC, na safra de outono de 2016. Pelotas, 2018.

Fonte de variação	GL	Quadrado médio										
		COR ¹	TEX	PGE	FOR	UFO	UTA	APO	COR1	COR2	DIST	APA
Bloco/E	4	30,59	0,06	0,17	0,47	0,61	0,67	0,14	15,32	11,73	23,38	0,66
Ambientes (E)	1	0,03	5,77	13,62	6,21*	5,21	3,59	3,30	0,30	6,57	0,36	11,84*
Famílias (F)	11	16,05*	0,79	3,77*	1,48*	0,98	0,97	1,18	2,58*	11,81*	11,35*	0,97*
F x E	11	0,22	0,77	0,96*	0,30	1,10*	0,57	0,47	0,69	0,85	0,21	0,25
Resíduo	44	1,65	0,49	0,43	0,38	0,41	0,48	0,39	1,76	1,68	1,80	0,33
Média		4,26	5,07	5,52	5,83	5,97	5,05	6,40	3,43	1,69	1,80	4,46
CV (%)		30,08	13,74	11,94	10,57	10,73	13,75	9,69	38,68	76,54	74,44	12,86

¹COR: cor da película; TEX: textura da película; PGE: profundidade de gemas; FOR: formato de tubérculo; UFO: uniformidade de formato de tubérculo; UTA: uniformidade de tamanho de tubérculo; APO: apontamento de tubérculo; COR1: cor predominante da polpa; COR2: cor secundária da polpa; DIST: distribuição da cor secundária; e, APA: aparência geral de tubérculo. *Significativo a 5 % de probabilidade de erro.

Com relação aos caracteres de rendimento, a análise de variância conjunta revelou significância para ambiente e interação F x E para os caracteres número e massa média de tubérculos. Esse resultado indica que os ambientes causaram resposta diferencial de pelo menos uma família, ou seja, a melhor família em um ambiente pode não ter sido a melhor no outro ambiente (Tabela 3).

Tabela 3- Resumo da análise de variância conjunta para caracteres de rendimento de tubérculos de 12 famílias segregantes de batata, avaliadas em Pelotas-RS e Canoinhas-SC, na safra de outono de 2016. Pelotas, 2018.

Fonte de variação	GL	Quadrado médio		
		NUM ¹	MTT	MMT
Bloco/E	4	12,09	35322,17	408,75
Ambientes (E)	1	314,50 *	38230,27	26312,56 *
Famílias (F)	11	9,38	11355,70	554,92
F x E	11	6,46 *	10162,12	266,67 *
Resíduo	44	2,09	6536,83	116,70
Média		8,25	401,89	58,95
CV (%)		17,52	20,12	18,32

¹NUM: número de tubérculos; MTT: massa total de tubérculos; e, MMT: massa média de tubérculos. *Significativo a 5 % de probabilidade de erro.

No que tange aos componentes de variância, para os caracteres de aparência geral de tubérculo verifica-se que as maiores estimativas de variância genética foram dos caracteres cor da película (2,64), distribuição da cor secundária (1,86) e cor secundária da polpa (1,83) (Tabela 4). Isto pode ser atribuído a maior divergência entre os genitores utilizados nos cruzamentos. Estimativas de variância genética mais baixa, inferiores a 0,50, foram apresentadas pelos caracteres profundidade de gemas, formato de tubérculo, uniformidade de tamanho de tubérculo, apontamento, cor predominante da polpa e aparência geral. Os caracteres textura da película e uniformidade de formato de tubérculo não apresentaram variância genética detectável.

Com relação à variância da interação F x E, os caracteres profundidade de gemas (0,18) e uniformidade de formato de tubérculo (0,23) apresentaram as maiores estimativas.

Tabela 4- Estimativas dos componentes da variância genética (σ_g^2), família x ambiente (σ_{fe}^2) e ambiente (σ_e^2), herdabilidade (h^2) e resposta de seleção (R), relativas a caracteres de aparência (externa e interna) e de rendimento de tubérculos de 12 famílias segregantes de batata cultivadas em Pelotas e Canoinhas. Pelotas, 2018.

Caráter	σ_g^2	σ_{fe}^2	σ_e^2	h^2	$R(\%)$
<i>Componente de aparência</i>					
Cor da película	2,64	0,00 ⁺	1,65	0,99	66,43
Textura da película	0,00	0,09	0,49	-	-
Profundidade de gemas	0,47	0,18	0,43	0,74	18,84
Formato de tubérculos	0,20	0,00 ⁺	0,38	0,80	12,01
Uniformidade de formato	0,00 ⁺	0,23	0,41	-	-
Uniformidade de tamanho	0,07	0,03	0,48	-	-
Apontamento	0,12	0,03	0,39	-	-
Cor predominante da polpa	0,31	0,00 ⁺	1,76	0,73	24,49
Cor secundária da polpa	1,83	0,00 ⁺	1,68	0,93	134,91
Distribuição da cor secundária	1,86	0,00 ⁺	1,80	0,98	131,67
Aparência geral	0,12	0,00 ⁺	0,33	0,74	11,66
<i>Componente de rendimento</i>					
Número de tubérculos	0,49	1,46	2,09	-	-
Massa total de tubérculos	198,93	1208,43	6536,83	-	-
Massa média de tubérculos	48,04	49,99	116,70	-	-

⁺Estimativa negativa.

No que se refere aos componentes de variância dos caracteres de rendimento, as maiores estimativas de variância genética foram apresentadas pelos

caracteres massa total de tubérculos (198,93) e massa média de tubérculos (48,04), ao passo que número de tubérculos apresentou estimativa mais baixa (0,49).

A variância da interação F x E excedeu a variância genética para os caracteres número e massa total de tubérculos. Isto indica que esses caracteres são mais influenciados pelas oscilações decorrentes da interação com os ambientes e, portanto, são mais complexos para o melhoramento.

A herdabilidade e a resposta esperada de seleção foram estimadas apenas para os caracteres que apresentaram variação significativa entre as famílias (Tabela 4).

As estimativas de herdabilidade foram de alta magnitude ($h^2 \geq 0,73$), sendo as maiores para os caracteres cor da película (0,99), cor secundária da polpa (0,93) e distribuição da cor secundária (0,98). Os caracteres profundidade de gemas, formato de tubérculo e cor predominante da polpa apresentaram estimativas moderadamente altas, com valores entre 0,73 e 0,80. A aparência geral teve valor moderadamente alto (0,74).

Com relação às estimativas das respostas esperadas com a seleção, expressas em porcentagem da média, maiores avanços foram verificados para os caracteres cor secundária da polpa (134,91), distribuição da cor secundária (131,67) e cor da película (66,43). Para os caracteres profundidade de gemas e cor predominante da polpa, ganhos de 18,84 e 24,29, respectivamente, podem ser obtidos com a seleção. Respostas de seleção semelhantes foram verificadas para os caracteres formato de tubérculo (12,01) e aparência geral de tubérculos (11,66).

As correlações de caracteres entre ambientes foram significativas para a maioria dos caracteres (Tabela 5). No que se refere aos caracteres de aparência, correlações fortes foram verificadas para cor da película, cor predominante da polpa, cor secundária da polpa e distribuição da cor secundária, indicando alta herdabilidade; e, correlações médias para os caracteres profundidade de gemas, formato de tubérculo, uniformidade de tamanho de tubérculo, apontamento e aparência geral. Para os caracteres de rendimento, apenas massa média de tubérculos apresentou correlação, de magnitude média.

Tabela 5- Correlação de Spearman entre os ambientes de Pelotas e Canoinhas para caracteres de aparência (externa e interna) e de rendimento de tubérculos de batata. Pelotas, 2018.

<i>Componente de aparência</i>												
Caráter	COR ¹	TEX	PGE	FOR	UFO	UTA	APO	COR1	COR2	DIST	APA	
Correlação	0,96*	0,07	0,49*	0,42*	-0,11	0,37*	0,37*	0,72*	0,89*	0,93*	0,44*	
<i>Componente de rendimento</i>												
Caráter	NUM			MTT			MMT					
Correlação	0,23			0,29			0,34*					

¹COR: cor da película; TEX: textura da película; PGE: profundidade de gemas; FOR: formato de tubérculo; UFO: uniformidade de formato de tubérculo; UTA: uniformidade de tamanho de tubérculo; APO: apontamento de tubérculo; COR1: cor predominante da polpa; COR2: cor secundária da polpa; DIST: distribuição da cor secundária; APA: aparência geral de tubérculo; NUM: número de tubérculos; MTT: massa total de tubérculos; e, MMT: massa média de tubérculos. *Significativamente diferente de zero, a 5 % de probabilidade de erro, pelo teste t.

No que tange às correlações fenotípicas e genéticas entre os caracteres para os ambientes em conjunto, observa-se que, em geral, as estimativas de correlações genéticas apresentaram magnitude ligeiramente superior às fenotípicas (Tabela 6). Correlações fenotípicas fortes e positivas foram verificadas entre cor da película e cor secundária da polpa ($r_f = 0,86$) e distribuição da cor secundária ($r_f = 0,90$). Correlação forte e negativa foi verificada entre massa média de tubérculos e número de tubérculos ($r_f = -0,78$).

Considerando-se as correlações genéticas significativas verificam-se associações fortes e positivas de aparência geral de tubérculo com os caracteres profundidade de gemas ($r_g = 0,81$), uniformidade de formato ($r_g = 0,65$) e número de tubérculos ($r_g = 0,82$); e, forte e negativa com textura da película ($r_g = -0,69$) e massa média de tubérculos ($r_g = -0,77$).

Correlações fortes e positivas foram verificadas entre massa total de tubérculos e formato ($r_g = 0,76$) e massa média de tubérculo ($r_g = 0,75$).

Além das correlações com aparência e massa total de tubérculos, correlações moderadas e positivas foram verificadas de cor da película com formato ($r_g = 0,51$); e, fortíssimas e positivas com cor secundária da polpa ($r_g = 0,99$) e distribuição da cor secundária ($r_g = 0,99$).

Correlação forte e negativa foi verificada entre formato de tubérculo e apontamento ($r_g = -0,70$). Correlação moderada e positiva foi verificada de uniformidade de formato com profundidade de gemas ($r_g = 0,59$); e, fortes e positivas com apontamento ($r_g = 0,77$) e número de tubérculos ($r_g = 0,72$).

Correlação genética moderada e negativa foi verificada de textura da película com profundidade de gemas ($r_g = -0,55$); e, forte e negativa com uniformidade de formato ($r_g = -0,68$).

Correlação moderada e negativa foi verificada de massa média de tubérculos com profundidade de gemas ($r_g = -0,53$); moderada e positiva com formato ($r_g = 0,50$); fortes e negativas com uniformidade de formato ($r_g = -0,70$) e número de tubérculos ($r_g = -0,88$). Correlação genética moderada e positiva foi verificada entre número de tubérculos e profundidade de gemas ($r_g = 0,62$).

Tendo em vista que na seleção as correlações que importam são as de natureza genética, para a análise de trilha utilizou-se os coeficientes de correlação genética para os desdobramentos em efeitos diretos e indiretos dos caracteres sobre a aparência de tubérculo.

A análise de multicolinearidade entre as variáveis detectou colinearidade moderada para as covariáveis relacionadas com aparência, portanto, o efeito foi corrigido com coeficiente k : 0,32. O coeficiente de determinação, que se refere à estimativa de quanto os caracteres utilizados está representando a expressão do caráter principal aparência foi de 0,97, indicando boa representação dos caracteres na expressão do caráter principal.

Tabela 6- Coeficientes de correlação fenotípica (diagonal inferior) e genética (diagonal superior) entre caracteres de aparência (externa e interna) e de rendimento de tubérculos de batata, para os ambientes de Pelotas e Canoinhas. Pelotas, 2018.

Caráter ¹	COR	TEX	PGE	FOR	UFO	UTA	APO	COR1	COR2	DIST	APA	NUM	MTT	MMT
COR		0,14	0,18	0,51*	0,46	0,07	-0,24	-	0,99*	0,99*	0,23	0,37	0,04	-0,31
TEX	-0,02		-0,55*	0,36	-0,68*	0,31	-0,45	-	0,27	0,21	-0,69*	-0,36	0,44	0,45
PGE	0,10	-0,08		-0,26	0,59*	-0,12	0,55*	-	0,09	0,36	0,81*	0,62*	-0,05	-0,53*
FOR	0,38*	0,17	0,12		-0,39	-0,32	-0,70*	-	0,78*	0,52*	-0,34	-0,29	0,76*	0,50*
UFO	0,28*	-0,27*	0,31*	0,01		0,11	0,77*	-	0,25	0,42	0,65*	0,72*	-0,24	-0,70*
UTA	0,19	-0,09	-0,10	-0,08	0,45*		0,23	-	0,01	-0,26	-0,52	-0,44	-0,02	0,29
APO	-0,30*	-0,07	0,07	-0,52*	0,27*	0,23			-0,49	-0,05	0,54	0,34	-0,42	-0,42
COR1	0,54*	-0,19	-0,06	0,15	0,23	0,29*	-0,16		-	-	-	-	-	-
COR2	0,86*	0,05	0,14	0,45*	0,24*	0,14	-0,32*	0,37*		0,95*	0,07	0,18	0,38	-0,05
DIST	0,90*	-0,02	0,17	0,36*	0,31*	0,19	-0,20	0,56*	0,92*		0,30	0,47*	-0,04	-0,36
APA	0,19	-0,15	0,34*	-0,05	0,45*	0,06	0,40*	0,06	0,18	0,27*		0,82*	-0,35	-0,77*
NUM	0,17	-0,27*	0,28*	-0,25*	0,30*	-0,24*	0,14	0,02	0,15	0,19	0,51*		-0,33	-0,88*
MTT	0,07	0,00	-0,20	0,32*	-0,21	0,00	-0,39*	0,04	0,15	0,09	-0,01	0,16		0,75*
MMT	-0,07	0,26*	-0,37*	0,43*	-0,37*	0,25*	-0,35*	0,03	-0,01	-0,07	-0,42*	-0,78*	0,42*	

¹COR: cor da película; TEX: textura da película; PGE: profundidade de gemas; FOR: formato de tubérculo; UFO: uniformidade de formato de tubérculo; UTA: uniformidade de tamanho de tubérculo; APO: apontamento de tubérculo; COR1: cor predominante da polpa; COR2: cor secundária da polpa; DIST: distribuição da cor secundária; APA: aparência geral de tubérculo; NUM: número de tubérculos; MTT: massa total de tubérculos; e, MMT: massa média de tubérculos. -Correlação não estimada.*Significativamente diferente de zero, a 5% de probabilidade de erro, pelo teste t (fenotípica) e pelo método de bootstrap (genética).

A análise de trilha revelou que os caracteres profundidade de gemas e número de tubérculos, que apresentaram correlações fortes e positivas com a aparência, mantiveram efeito direto positivo, porém reduzidos, indicando que a seleção para estes caracteres proporcionaria ganhos genéticos para aparência geral de tubérculos (Tabela 7).

Os caracteres textura da película e massa média de tubérculos, que apresentaram correlação forte e negativa, tiveram efeito direto também negativo, este último, com valor bem reduzido, deixando de ter influência direta sobre a aparência.

Uniformidade de formato que apresentou correlação forte e positiva demonstrou efeito direto inverso, devido à influência indireta do caráter apontamento. Portanto, o efeito da seleção para aparência teria maior efeito se os caracteres uniformidade de formato e apontamento fossem considerados simultaneamente no processo de seleção.

Os caracteres cor da película e apontamento de tubérculo, apesar de não terem apresentado correlação significativa com aparência, mantiveram efeito direto positivo, revelando que estes caracteres não devem ser descartados do uso em seleções indiretas, pois, em uma seleção simultânea, poderão proporcionar bons resultados.

Tabela 7- Análise de trilha para aparência de tubérculos de batata nos dois ambientes de cultivo, com desdobramento das correlações genéticas em componentes de efeito direto e indiretos. Pelotas, 2018.

Caráter	Efeito indireto ¹												Efeito direto ⁴
	COR ³	TEX	PGE	FOR	UFO	UTA	APO	COR2	DIST	NUM	MTT	MMT	
COR ²		-0,033	0,044	-0,146	-0,135	-0,031	-0,112	0,409	-0,303	0,067	0,001	0,029	0,335
TEX	0,047		-0,135	-0,103	0,199	-0,139	-0,206	0,112	-0,064	-0,066	0,013	-0,041	-0,234
PGE	0,059	0,129		0,076	-0,174	0,055	0,252	0,039	-0,109	0,113	-0,001	0,048	0,246
FOR	0,170	-0,084	-0,065		0,113	0,144	-0,323	0,324	-0,160	-0,052	0,023	-0,046	-0,288
UFO	0,154	0,159	0,146	0,111		-0,047	0,355	0,102	-0,128	0,132	-0,007	0,064	-0,293
UTA	0,023	-0,073	-0,031	0,093	-0,031		0,108	0,005	0,081	-0,080	-0,001	-0,026	-0,446
APO	-0,081	0,104	0,134	0,201	-0,225	-0,104		-0,205	0,015	0,062	-0,013	0,038	0,462
COR2	0,331	-0,063	0,023	-0,225	-0,072	-0,005	-0,228		-0,290	0,033	0,011	0,004	0,414
DIST	0,331	-0,049	0,087	-0,150	-0,122	0,117	-0,022	0,392		0,086	-0,001	0,033	-0,307
NUM	0,123	0,085	0,152	0,082	-0,211	0,194	0,156	0,075	-0,144		-0,010	0,080	0,182
MTT	0,014	-0,102	-0,011	-0,218	0,070	0,011	-0,194	0,156	0,012	-0,061		-0,069	0,030
MMT	-0,105	-0,104	-0,129	-0,144	0,205	-0,129	-0,194	-0,019	0,110	-0,161	0,022		-0,091

¹EI: Efeito indireto, dos caracteres (²) via os caracteres (³) sobre aparência; ⁴ED: Efeito direto, dos caracteres (²) sobre a aparência. COR: cor da película; TEX: textura da película; PGE: profundidade de gemas; FOR: formato de tubérculo; UFO: uniformidade de formato de tubérculo; UTA: uniformidade de tamanho de tubérculo; APO: apontamento de tubérculo; COR2: cor secundária da polpa; DIST: distribuição da cor secundária; APA: aparência geral de tubérculo; NUM: número de tubérculos; MTT: massa total de tubérculos; e, MMT: massa média de tubérculos.

3.4 Discussão

As informações a respeito dos parâmetros genéticos obtidos neste estudo, a partir de uma população híbrida constituída de famílias segregantes para cor da polpa, poderão auxiliar a escolha de estratégias de seleção de clones de polpa colorida e a pressão de seleção mais adequada.

A participação do efeito do ambiente na manifestação fenotípica e a existência de resposta diferenciada dos genótipos foram constatadas para os caracteres profundidade de gemas, uniformidade de formato de tubérculo, número e massa média de tubérculos. A interação família x ambiente (F x E) acarreta dificuldades aos programas de melhoramento na obtenção de ganhos genéticos, pois indica a inconsistência da superioridade dos genótipos com relação à variância do ambiente, tornando a seleção mais difícil (SILVA; PEREIRA, 2011). Nesse sentido, a escolha correta dos ambientes de seleção é primordial, pois possibilita a redução da variação não herdável, causada pelo ambiente, durante a seleção, aumentando assim a herdabilidade, o que, por sua vez, tem influência no ganho genético.

A influência do ambiente observada, especialmente, nos caracteres de rendimento de tubérculos é atribuída à herança desses caracteres. Massa de tubérculos e número de tubérculos são caracteres quantitativos e, portanto, sofrem maior influência ambiental do que caracteres qualitativos, o que é devido ao fato de que cada caráter fenotípico é determinado por um componente genético e ambiental. Como os caracteres quantitativos são determinados pela soma da ação de vários genes, a influência ambiental tende a ser maior do que para caracteres controlados por poucos genes (FALCONER; MACKAY, 1996).

Outra causa da influência do ambiente, deve-se ao tamanho desuniforme dos tubérculos obtidos na geração de plântula. Devido ao pequeno espaço físico dos recipientes utilizados nessa geração e ao vigor reduzido das plântulas, são produzidos poucos tubérculos e de tamanho pequeno e variado, o que não possibilita a padronização do tamanho do tubérculo-semente que formará a primeira geração clonal. A influência da massa média do tubérculo-semente proveniente da geração de plântula no rendimento na primeira geração clonal foi observada por diversos autores (GALARRETA et al., 2006; BROWN, 1988; MARIS, 1986). Por essas razões, caracteres quantitativos, como rendimento de tubérculos, são

selecionados em gerações mais avançadas, quando os tubérculos-semente são mais uniformes em tamanho (HULSCHER et al., 2013). Na primeira geração clonal, a seleção é aplicada principalmente para caracteres de aparência e de maior herdabilidade (PEREIRA et al., 2016).

No presente estudo, a estimativa da herdabilidade foi de alta magnitude, demonstrando elevado controle genético na expressão dos caracteres de aparência. Portanto, esses caracteres podem ser herdados pelos descendentes e as estimativas de ganho de seleção podem ser efetivas (TAI; YOUNG, 1984). As estimativas de herdabilidade elevadas para cor da película e da polpa, profundidade de gemas e formato de tubérculo devem-se a herança simples desses caracteres, controlados por um ou poucos genes (SLATER et al., 2014; HULSCHER et al., 2013). A aparência geral de tubérculo, que é um caráter de herança complexa, dependente de vários caracteres mais simples, apresentou herdabilidade moderadamente alta, o que pode ser atribuído à ausência de interação F x E e pequena variância do ambiente. Estimativas de herdabilidade moderadamente alta para esse caráter também foram verificadas por outros autores (NEY et al., 2016; TERRES et al., 2016) na geração de plântula e na primeira geração clonal.

A eficiência da seleção nas primeiras gerações clonais pode ser avaliada também através da correlação de caracteres entre ambientes, que são indicativas da herdabilidade (MARIS, 1988). Para os caracteres cor da película, cor predominante da polpa, cor secundária da polpa e distribuição da cor secundária, forte pressão de seleção na primeira geração clonal poderia ser empregada, corroborando com as estimativas de herdabilidade obtidas via componentes de variância. No entanto, para profundidade de gemas, formato e aparência geral de tubérculo, seleção de leve a moderada intensidade poderia ser aplicada na primeira geração clonal, devido às estimativas de herdabilidade inconsistentes. Quando estimadas via correlação de caracteres entre ambientes foram obtidas estimativas de herdabilidade baixa, ao passo que via componentes de variância foram obtidas estimativas de herdabilidade moderadamente alta, o que contribui para a explicação das intensidades de seleção sugeridas.

De acordo com Simmonds (1979), a equação usada para calcular a resposta de seleção ($R = i \cdot h \cdot \sigma_g$) implica que a seleção de clones superiores depende da média da população, da variância genética, da intensidade de seleção e da herdabilidade. Neste estudo, as maiores respostas de seleção para os caracteres cor da película,

cor secundária da polpa e distribuição da cor secundária podem ser atribuídas à grande variância genética e estimativa de herdabilidade elevada. Essa estimativa de herdabilidade refletiu a grande variação entre as famílias, oriunda da divergência entre os genitores utilizados nos cruzamentos em relação à cor da película e da polpa, e a ausência de interação F x E. Portanto, maiores ganhos com a seleção seriam esperados em relação a esses caracteres com a seleção na primeira geração clonal.

Para os caracteres profundidade de gemas e cor predominante da polpa, os ganhos esperados são atribuídos às estimativas de variância genética e herdabilidade moderadas. Para formato de tubérculos e aparência geral, que apresentaram valores de variância genética mais baixa, a resposta de seleção esperada é explicada pela estimativa de herdabilidade moderadamente alta.

A correlação entre aparência geral, profundidade de gemas, uniformidade de formato e número de tubérculos foi forte e positiva, e entre aparência, textura da película e massa média de tubérculos forte e negativa. Portanto, para melhoria na aparência geral, ganhos seriam obtidos na seleção de genótipos com tubérculos com gemas rasas, mais uniformes em formato, com maior número de tubérculos, porém com menor massa média de tubérculos e textura áspera.

As associações positivas de uniformidade de formato com profundidade de gemas e apontamento, e, negativa com textura da película indicam que genótipos com tubérculos mais uniformes em formato apresentam gemas rasas e menor apontamento, porém, com película mais áspera. A melhor expressão dos caracteres uniformidade de formato e profundidade de gemas é verificada em genótipos com maior número de tubérculos.

A correlação negativa entre formato e apontamento indica que a seleção para genótipos com tubérculos alongados favoreceria genótipos com tubérculos mais apontados. Portanto, a seleção simultânea para estes caracteres deve ser realizada com cautela. Associação negativa destes dois caracteres foi também verificada por Silva et al. (2014) e Love et al. (1997).

As correlações de cor da película com formato, cor predominante da polpa, cor secundária da polpa e distribuição da cor secundária indicam que tubérculos com película mais pigmentada tendem a apresentar formato mais alongado e polpa também pigmentada. Tendo em vista que em batata os compostos fenólicos, especialmente antocianinas, são potentes antioxidantes (BROWN, 2005), a seleção

de genótipos com polpa de coloração vermelha ou roxa intensa, agregará qualidade funcional aos genótipos.

A correlação entre massa total, formato e massa média foi forte e positiva. Portanto, para melhoria da massa total de tubérculos, a seleção deveria ser aplicada principalmente em genótipos mais alongados e com maior massa média. Entretanto, a seleção de plantas com tubérculos com maior massa média resultaria em genótipos com tubérculos com gemas mais profundas, menos uniformes em formato e com menor número de tubérculos. Associação negativa entre massa média e número de tubérculos também foi verificada por outros autores (SILVA et al., 2014, 2009a; GALARRETA et al., 2006), sendo atribuída à partição do amido acumulado para um menor número de drenos. Devido à associação negativa entre esses caracteres, o número de tubérculos como parâmetro de seleção não pode ser ignorado, dado à sua influência na quantidade de tubérculos comercializáveis produzidos (GOPAL et al., 1994).

Entretanto, os coeficientes de correlação, apesar de serem de grande utilidade na quantificação da magnitude e direção das influências de fatores na determinação de caracteres complexos, como aparência geral de tubérculo, não dão a exata importância relativa dos efeitos diretos e indiretos desses fatores, os quais são obtidos pela análise de trilha (CRUZ et al., 2012). Neste estudo, pode-se verificar que depois de retirados os efeitos indiretos, os caracteres que mais influenciaram na aparência geral de tubérculos foram a textura da película, a profundidade de gemas e o número de tubérculos, sendo a melhor aparência relacionada com tubérculos com textura áspera, gemas mais rasas e maior número de tubérculos. O caráter uniformidade de formato deve ser considerado em conjunto com apontamento de tubérculo no momento da seleção. Essa associação indireta ocorreu provavelmente devido à forte associação linear de uniformidade de formato com apontamento ($r= 0,77$).

A textura da película afeta a aceitação do produto “in natura” pelos consumidores, que dão preferência aos tubérculos lisos em detrimento aos ásperos (SILVA et al., 2008), entretanto, na população avaliada, a textura áspera da película não influenciou na nota da aparência geral de tubérculo, que é baseada no conjunto de caracteres avaliados. Além disso, a textura da película correlacionou-se negativamente com caracteres que contribuem para boa aparência, e quando retirados os efeitos indiretos, a textura áspera da película ficou como determinante

de boa aparência. Em se tratando de um nicho de mercado que prioriza produtos com potencial funcional, a textura áspera dos tubérculos vinculada a melhor aparência não seria um impedimento, uma vez que essas batatas ditas “especiais” não seguem os mesmos requisitos de mercado das cultivares convencionais.

3.5 Conclusão

Em população segregante para cor da película e da polpa, os caracteres cor da película, cor predominante da polpa, cor secundária da polpa, distribuição da cor secundária, profundidade de gemas, formato e aparência geral de tubérculo apresentam estimativas elevadas de herdabilidade. No entanto, por apresentarem maior variância genética, os caracteres da cor da película e da polpa, podem ser submetidos a maior pressão de seleção, com maiores ganhos esperados, do que os outros três caracteres.

Textura da película, profundidade de gemas e número de tubérculos são os caracteres que mais influenciam a aparência geral de tubérculo.

4. Capítulo III - Compostos bioativos, caracteres de qualidade industrial e de rendimento de tubérculos de clones de batata de polpa colorida

4.1 Introdução

A batata (*Solanum tuberosum* L.) é a terceira cultura mais importante do mundo em termos de consumo humano (FAOSTAT, 2018), e a segunda hortaliça de maior importância econômica no Brasil (IBGE, 2018). Além de fornecer energia, é uma excelente fonte de vitaminas, minerais e fitoquímicos, tais como compostos fenólicos e carotenoides (NAVARRE et al., 2016). Esses fitoquímicos são altamente desejáveis na dieta, pois apresentam efeitos terapêuticos e promotores da saúde humana, podendo atuar como antioxidantes, antimutagênicos, antiproliferativos e anti-inflamatórios, exercendo papel-chave na prevenção e/ou tratamento de doenças crônicas (EZEKIEL et al., 2013; LIU, 2004).

Nos últimos anos, com a crescente valorização de produtos com potencial funcional, consumidores têm mostrado interesse nos benefícios à saúde adquiridos através da alimentação. Diante dessa percepção dos consumidores, batatas não convencionais, isto é, batatas com multiplicidade de cor de película, cor de polpa e formato de tubérculo, estão ganhando espaço no mercado de diversos países. Estas batatas, devido às concentrações mais elevadas de antioxidantes do que as cultivares convencionais, podem aumentar os benefícios à saúde humana (BROWN et al., 2005).

Duas classes de compostos conferem cor aos tubérculos e têm propriedades antioxidantes. A cor vermelha e roxa na polpa e/ou película, em tonalidades variadas, é devido às antocianinas, que são pigmentos fenólicos (LIU, 2004), enquanto a pigmentação amarela a laranja na polpa é devido à concentração de carotenoides (BROWN et al., 1993). Tem sido reportado que as antocianinas presentes em batata podem proteger contra câncer de próstata (REDDIVARI et al., 2007a) e de mama (THOMPSON et al., 2009). A atividade de pró-vitamina A dos carotenoides é bem conhecida, no entanto, em batata, somente pequenas

quantidades de β -caroteno são encontradas (EZEKIEL et al., 2013; BROWN et al., 1993). Os carotenoides mais abundantes em batata, luteína e zeaxantina, são importantes compostos fotoprotetores da retina humana (AHMED et al., 2005).

A industrialização da batata no Brasil é crescente, e os principais produtos processados são oriundos de cultivares com polpa branca/creme, que apresentam menores concentrações de compostos bioativos. A utilização de batatas de polpa colorida poderia ser uma alternativa para a indústria, especialmente para processamento na forma de “chips”. A coloração intensa e atraente, sabor diferenciado e maior valor funcional do produto poderia constituir um novo nicho de mercado. Nos Estados Unidos e Europa, já há espaço no mercado para batatas coloridas (LACHMAN et al., 2016; BROWN et al., 2012), mas, no Brasil há apenas oferta eventual deste produto (HAYASHI, 2007).

Considerando o aspecto de inovação e potencial de mercado de batatas de polpa colorida, o Programa de Melhoramento Genético de Batata da Embrapa começou a gerar progênies, com a introgressão de genes dos caracteres da cor vermelha e roxa da polpa em germoplasma adaptado. Deste esforço, foram selecionados clones que careciam avaliação de concentração de compostos bioativos, caracteres de qualidade industrial e de rendimento de tubérculos, que constituíram os objetivos deste trabalho.

4.2 Material e Métodos

Foram avaliados 12 clones de batata de polpa colorida do Programa de Melhoramento Genético de Batata da Embrapa (C2715-01-09, C2715-08-09, C2715-22-09, C2717-04-09, C2718-07-09, C2718-24-09, C2719-11-09, C2721-22-09, C2722-12-09, C2743-01-09, C2743-09-09 e C2743-16-09) (Figura 1), em comparação com as cultivares Macaca (safra de 2012), Asterix (safra de 2013) e BRS Ana (safras de 2014 e 2015). ‘Macaca’ foi utilizada para selecionar no conjunto de clones, os mais precoces, visto que a mesma apresenta ciclo de desenvolvimento vegetativo e dormência curtos (PEREIRA; CASTRO, 2006). ‘Asterix’ é a cultivar de película vermelha mais plantada no Brasil, e foi utilizada como comparação para selecionar os clones mais produtivos. A cultivar BRS Ana foi incluída por apresentar

polpa branca e características de qualidade para a industrialização (PEREIRA et al., 2010).

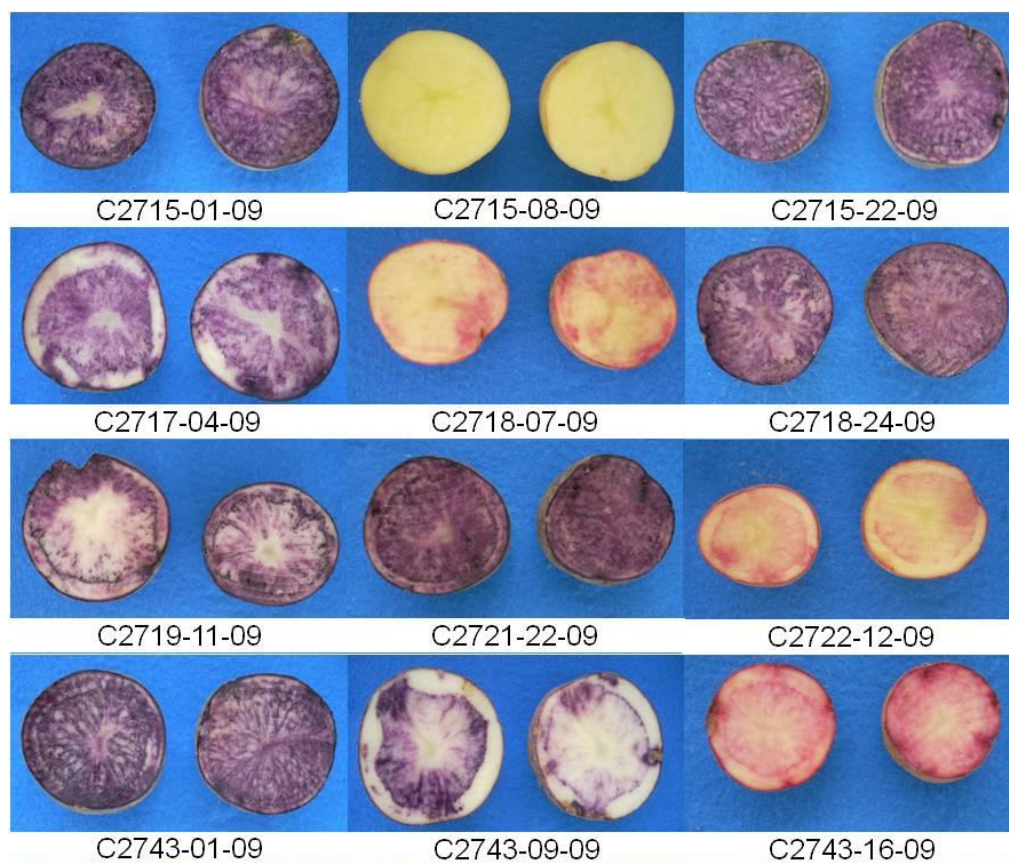


Figura 1- Cor da polpa de 12 clones de batata. Pelotas, 2018.

Os experimentos foram conduzidos no campo experimental da Embrapa Clima Temperado, Pelotas-RS (31°42' S, 52°24' O, 50-60 m a.n.m.), nas safras de outono de 2012, 2013, 2014 e 2015, e as avaliações realizadas no Núcleo de Alimentos da Embrapa Clima Temperado.

Os experimentos foram delineados em blocos ao acaso, com três repetições. A unidade experimental consistiu de uma linha de 20 tubérculos, espaçados 0,30 m entre plantas e 0,80 m entre linhas. Os tratos culturais e fitossanitários seguiram as recomendações para a cultura na região (PEREIRA, 2010).

Na safra de outono de 2012 e 2013, os tubérculos de cada parcela foram classificados (tubérculos comerciais: ≥ 45 mm de diâmetro transversal; não comerciais: < 45 mm) e avaliados os caracteres de rendimento: massa total de tubérculos, em kg parcela^{-1} ; massa de tubérculos comerciais, em kg parcela^{-1} ; massa média de tubérculos, em g tubérculo^{-1} ; e, percentual da massa de tubérculos

comerciais, em %. Os rendimentos foram transformados em $t\ ha^{-1}$. Em 2012, aos 90 dias após o plantio, avaliou-se o ciclo de desenvolvimento vegetativo das plantas de cada parcela, utilizando-se uma escala de notas de nove pontos, sendo 1 atribuído a ciclo tardio e 9 a ciclo precoce.

Nas safras de outono de 2014 e 2015, os clones foram avaliados quanto à concentração de compostos bioativos (compostos fenólicos, antocianinas, carotenoides, e atividade antioxidante), cor de polpa e qualidade industrial (teor de glicose, conteúdo de massa seca e cor de fritura (“chips”). Exceto a concentração de carotenoides totais e o conteúdo de massa seca, mensurados apenas na safra de 2014 e, cor de polpa e de “chips” na safra de 2015, os demais caracteres foram avaliados em ambas as safras.

Para as análises dos compostos bioativos, foram utilizadas amostras de quatro tubérculos de cada parcela, avaliadas em duplicata. Da parte central de cada tubérculo, retirou-se uma fatia (1 cm de espessura) descascada, a qual foi cortada em formato radial.

A concentração dos compostos fenólicos totais foi quantificada segundo o método adaptado de Swain e Hillis (1959). Para a extração, utilizou-se uma amostra de 5 g de batata em 20 mL de metanol e, para a quantificação, 200 μ L do extrato, 50 μ L de metanol, 4 mL de água destilada e 250 μ L do reagente Folin-Ciocalteu (0,25 N). Após 3 min, a solução foi neutralizada com 500 μ L de carbonato de sódio (1 N). A absorvância a 725 nm foi medida após 2 h. Ácido clorogênico foi usado como referência para a curva de calibração (0-0,35 $mg\ mL^{-1}$) e os resultados foram expressos em mg de equivalente ácido clorogênico por 100 g de amostra fresca.

A concentração de antocianinas totais foi quantificada de acordo com o método adaptado de Fuleki e Francis (1968). Para a extração, utilizou-se uma amostra de 5 g de batata homogeneizada em 20 mL de etanol acidificado com ácido clorídrico (HCl) e, para a quantificação, 500 μ L do extrato diluído em 3 mL de etanol acidificado com HCl. As amostras foram deixadas no escuro durante 30 min. As leituras foram feitas em espectrofotômetro com medida de absorvância realizada no comprimento de onda de 535 nm. Cianidina-3-glicosídeo foi utilizada como referência para a curva de calibração (0-0,04 $mg\ mL^{-1}$) e os resultados foram expressos em mg de cianidina-3-glicosídeo por 100 g de amostra fresca.

A concentração de carotenoides totais foi quantificada pelo método adaptado de Talcott e Howard (1999). O extrato foi obtido utilizando uma amostra de 2,5 g de

batata homogeneizado em 15 mL da solução de acetona/etanol (1:1), contendo 400 mg L⁻¹ de BHT (butil-hidroxi-tolueno). Para a quantificação, 50 mL de hexano foram acrescentados ao extrato. As leituras foram feitas em espectrofotômetro a 470 nm. β -caroteno foi utilizado como referência para a curva de calibração (0-0,01mg mL⁻¹) e os resultados foram expressos em mg de equivalente β -caroteno por 100g de amostra fresca.

A atividade antioxidante foi determinada pelo método adaptado de Brand-Williams et al. (1995), utilizando o radical estável 2,2-difenil-1-picrilhidrazil (DPPH). Para a extração, utilizou-se uma amostra de 5 g de batata e 20 mL de metanol e, para a quantificação, 70 μ L do extrato, 130 μ L de metanol e 3,8 mL de DPPH diluído em metanol. Após 24 h, as leituras da absorvância foram realizadas em espectrofotômetro no comprimento de onda de 515 nm. Trolox foi usado como referência para a curva de calibração (0-0,8 mg mL⁻¹) e os resultados foram expressos em μ g de equivalente trolox por g de amostra fresca.

A coloração da polpa dos tubérculos “in natura” foi determinada com auxílio do colorímetro da marca Minolta, modelo CR-300, com a determinação das coordenadas L* a* b*, onde L* expressa luminosidade (L*= 0 preto e L*= 100 branco) e a* e b* são responsáveis pela cromaticidade (+a*= vermelho e -a*= verde; +b*= amarelo e -b*= azul). A partir dos valores de a* e b*, calculou-se o ângulo hue ($h^\circ = \tan^{-1}(b^*/a^*)$), o qual define a tonalidade da cor, e o chroma ($C^* = \sqrt{(a^*)^2 + (b^*)^2}$), o qual define a intensidade da cor (MCGUIRE, 1992). Para esta análise, foram utilizados os mesmos tubérculos dos compostos bioativos.

O teor de açúcares redutores foi quantificado com base na glicose, utilizando uma amostra de três tubérculos sadios e sem defeitos fisiológicos e/ou mecânicos de cada parcela, avaliada em duplicata, de acordo com o método de Somogyi-Nelson (NELSON, 1944).

O conteúdo de massa seca foi determinado utilizando uma amostra de 5 g de batata cortada em cubos da parte central de três tubérculos, em triplicata, seca em estufa a vácuo a 70 °C por 6 h, de acordo com o método da “Association of Official Analytical Chemists” (AOAC, 1995).

A qualidade de fritura dos clones foi avaliada utilizando “chips” preparados a partir de amostras de dez tubérculos por parcela. Doze fatias (1,5 mm de espessura) foram fritas em fritadeira elétrica, em óleo de girassol, a temperatura inicial de

180 °C, até cessar a borbulha. A avaliação da cor de “chips” foi feita por três avaliadores, utilizando a escala visual de nove pontos, adaptada da “American Potato Chip and Snack Food Association”, onde notas próximas a 1 são desejáveis e atribuídas à cor clara e 9 à cor escura (DOUCHES et al., 1996).

Os dados foram verificados quanto à distribuição normal dos resíduos (Shapiro-Wilk). O caráter concentração de antocianinas totais foi transformado por $\log_{10}(x)$, para atender a pressuposição de normalidade. Posteriormente, os dados de cada experimento foram submetidos à análise de variância individual e conjunta, considerando na análise conjunta efeito fixo para genótipo e ambiente, e agrupamento de médias por Scott-Knott a 5 % de probabilidade, com a utilização do programa Genes (CRUZ, 2013).

4.3 Resultados

Experimentos 2012 e 2013

A análise de variância individual para os caracteres de rendimento e ciclo de desenvolvimento vegetativo revelou significância ($p \leq 0,05$) para genótipo para todos os caracteres nos dois anos de cultivo (Tabela 1).

Tabela 1- Resumo da análise de variância individual para caracteres de rendimento e ciclo de desenvolvimento vegetativo, avaliados em 12 clones de batata de polpa colorida e uma cultivar convencional, nas safras de outono de 2012 e 2013. Pelotas, 2018.

Fonte de variação	GL	Quadrado médio				
		MTC ¹	MTT	MMT	PMC	Ciclo
2012						
Bloco	2	81,30	51,35	1029,36	171,51	1,72
Genótipo	12	134,34 *	92,41 *	1202,02 *	700,63 *	6,20 *
Resíduo	24	13,49	13,56	97,33	30,79	1,27
Média	-	17,85	21,62	73,46	79,13	5,80
CV (%)	-	20,58	17,03	13,43	7,01	19,47
2013						
Bloco	2	31,52	43,34	59,70	11,40	-
Genótipo	12	87,93 *	43,77 *	809,97 *	747,45 *	-
Resíduo	24	4,27	4,38	86,28	28,22	-
Média	-	18,85	24,70	67,02	75,85	-
CV (%)	-	10,96	8,48	13,86	7,00	-

¹MTC: massa de tubérculos comerciais (t ha⁻¹); MTT: massa total de tubérculos (t ha⁻¹); MMT: massa média de tubérculos (g); PMC: percentual da massa de tubérculos comerciais (%); *Significativo a 5 % de probabilidade de erro.

Na safra de 2012, em relação à massa de tubérculos comerciais, os clones agruparam-se em três grupos (Tabela 2). O grupo superior foi constituído pelos clones C2718-24-09, C2743-09-09 e C2743-01-09, com produção comercial acima de 25 t ha⁻¹. Estes três clones também se sobressaíram quanto à massa total de tubérculos, com produção superior a 27 t ha⁻¹. Dois dos clones mais produtivos, C2718-24-09 e C2743-09-09, juntamente com C2717-04-09 apresentaram os maiores tubérculos, com massa média entre 93,95 e 104,12 g. Para estes três caracteres, a cultivar Macaca esteve no grupo inferior.

Tabela 2- Médias dos caracteres de rendimento e ciclo de desenvolvimento vegetativo avaliados em 12 clones de batata de polpa colorida e duas cultivares convencionais, nas safras de outono de 2012 e 2013. Pelotas, 2018.

Clone/cultivar	MTC (t ha ⁻¹) ¹	MTT (t ha ⁻¹)	MMT (g)	PMC (%)	Ciclo ²
2012					
C2718-24-09	27,83 a ³	29,27 a	98,44 a	95,15 a	5,7 a
C2743-09-09	25,93 a	27,81 a	104,12 a	92,84 a	5,0 b
C2743-01-09	25,89 a	28,79 a	77,81 b	89,75 a	3,0 c
C2717-04-09	20,77 b	22,72 b	93,95 a	91,24 a	5,0 b
C2715-08-09	20,75 b	23,27 b	76,32 b	89,27 a	3,7 c
C2715-01-09	20,45 b	23,26 b	83,72 b	86,50 a	6,0 a
C2721-22-09	19,83 b	21,73 b	87,72 b	91,02 a	5,3 b
C2719-11-09	17,64 b	20,63 b	71,54 b	85,45 a	7,7 a
C2718-07-09	12,93 c	19,17 c	50,86 c	55,29 c	6,3 a
C2743-16-09	12,65 c	23,95 b	51,32 c	52,62 c	6,7 a
Macaca	9,81 c	14,77 d	40,51 c	64,50 b	8,0 a
C2722-12-09	8,85 c	13,40 d	59,39 c	65,90 b	6,0 a
C2715-22-09	8,72 c	12,25 d	59,32 c	69,11 b	7,0 a
2013					
C2743-09-09	29,02 a	31,72 a	89,58 a	91,55 a	-
C2718-24-09	23,69 b	28,92 a	60,42 c	82,04 b	-
C2721-22-09	23,27 b	26,33 a	73,59 b	88,27 a	-
C2715-08-09	23,00 b	26,96 a	69,16 b	85,21 b	-
C2715-01-09	22,30 b	25,05 a	77,21 b	89,25 a	-
Asterix	20,89 b	27,00 a	73,58 b	77,34 b	-
C2717-04-09	18,88 b	20,38 b	97,92 a	92,66 a	-
C2719-11-09	17,74 c	24,92 a	62,26 c	71,03 c	-
C2715-22-09	14,75 c	17,99 b	72,76 b	81,67 b	-
C2722-12-09	14,50 c	21,50 b	55,87 c	67,75 c	-
C2743-01-09	14,43 c	22,13 b	52,76 c	64,37 c	-
C2718-07-09	12,13 c	21,48 b	40,82 d	55,67 d	-
C2743-16-09	10,46 c	26,67 a	45,37 d	39,29 e	-

¹MTC: massa de tubérculos comerciais; MTT: massa total de tubérculos; MMT: massa média de tubérculos; PMC: percentual da massa de tubérculos comerciais; ²Notas próximas a 1 denotam clones de ciclo tardio e 9 ciclo precoce; ³Médias seguidas pela mesma letra na coluna pertencem ao mesmo grupo pelo teste de Scott-Knott ao nível de 5 % de probabilidade de erro.

Quanto ao percentual da massa de tubérculos comerciais, os clones C2718-24-09, C2743-09-09, C2743-01-09, C2717-04-09, C2715-08-09, C2715-01-09, C2721-22-09 e C2719-11-09 formaram o grupo superior. A cultivar Macaca e os clones C2722-12-09 e C2715-22-09 compuseram o grupo intermediário.

A respeito do ciclo de desenvolvimento vegetativo, três grupos foram formados. Os clones C2718-24-09, C2715-01-09, C2719-11-09, C2718-07-09, C2743-16-09, C2722-12-09, C2715-22-09 e a cultivar Macaca, compuseram o grupo de ciclo precoce. Entretanto, dentre eles, apenas o clone C2718-24-09 apresentou elevada massa de tubérculos comerciais.

Na safra de 2013, em relação à massa de tubérculos comerciais, os clones agruparam-se em três grupos. O clone C2743-09-09 apresentou a maior produção, 29 t ha⁻¹. O grupo intermediário foi constituído pelos clones C2718-24-09, C2721-22-09, C2715-08-09, C2715-01-09, C2717-04-09 e a cultivar Asterix. Quanto à massa total de tubérculos, destacaram-se os clones C2743-09-09, C2718-24-09, C2721-22-09, C2715-08-09, C2715-01-09, C2719-11-09, C2743-16-09 e 'Asterix', com produção total entre 24,92 e 31,72 t ha⁻¹.

Com relação à massa média, os clones C2743-09-09 e C2717-04-09 apresentaram os maiores tubérculos, 89,58 e 97,22 g, respectivamente. A cultivar Asterix e os clones C2721-22-09, C2715-08-09, C2715-01-09, C2715-22-09 constituíram o segundo grupo. No que tange ao percentual da massa de tubérculos comerciais, sobressaíram-se os clones C2743-09-09, C2721-22-09, C2715-01-09 e C2717-04-09, com percentual acima de 88. O segundo grupo foi formado pelos clones C2718-24-09, C2715-08-09, C2715-22-09 e a cultivar Asterix.

Experimentos 2014 e 2015

Compostos bioativos e cor de polpa

A análise de variância conjunta para antocianinas, compostos fenólicos e atividade antioxidante revelou significância ($p \leq 0,05$) para interação genótipo x ano apenas para concentração de antocianinas totais (Tabela 3). Para este caráter, os resultados foram discutidos em separado para cada ano.

Tabela 3- Resumo da análise de variância conjunta para concentrações de antocianinas e compostos fenólicos totais, e atividade antioxidante total, em 12 clones de batata de polpa colorida e uma cultivar convencional, nas safras de outono de 2014 e 2015. Pelotas, 2018.

Fonte de variação	GL	Quadrado médio		
		Antocianinas ¹	Compostos fenólicos	Atividade antioxidante
Bloco/Ano	4	0,011	1208,16	743216,71
Genótipo (G)	12	1,460 *	5995,71 *	2450533,40 *
Ano (A)	1	0,670 *	180,39	10945,14
G x A	12	0,075 *	87,24	50764,17
Resíduo	48	0,007	127,51	62780,54
Média	-	1,40	118,43	1292,27
CV (%)	-	6,13	9,53	19,39

¹dados transformados log₁₀(x); *Significativo a 5 % de probabilidade de erro.

A análise de variância individual para concentração de carotenoides totais e parâmetros de cor de polpa revelou diferença significativa ($p \leq 0,05$) para genótipo apenas para os parâmetros de cor (Tabela 4).

Tabela 4- Resumo da análise de variância para concentração de carotenoides totais na safra de outono de 2014 e, parâmetros de cor da polpa (L*, C* e h°) na safra de outono de 2015, em 12 clones de batata de polpa colorida e uma cultivar convencional. Pelotas, 2018.

Fonte de variação	GL	Quadrado médio			
		Carotenoides	L*	C*	h°
Bloco	2	0,17	4,01	11,75	57,13
Genótipo	12	0,05	740,94 *	131,20 *	62715,40 *
Resíduo	24	0,02	4,47	2,14	18,13
Média	-	0,51	49,00	17,08	225,56
CV (%)	-	30,69	4,32	8,57	1,89

*Significativo a 5 % de probabilidade de erro.

Em relação às antocianinas, em 2014 o teor variou de 14,47 a 110,07 mg cianidina 3-glicosídeo (C3G) por 100 g de massa fresca (MF) em tubérculos de polpa roxa e de 10,41 a 55,74 mg C3G por 100 g de MF em tubérculos de polpa vermelha, enquanto na safra de 2015, as concentrações foram mais baixas, variando de 12,01 a 75,31 mg C3G por 100 g de MF em tubérculos de polpa roxa e de 5,80 a 31,98 mg C3G por 100 g de MF em tubérculos de polpa vermelha, demonstrando grande variação entre os clones e ano de cultivo (Tabela 5).

Tabela 5- Coloração da polpa e médias para concentrações de antocianinas e compostos fenólicos totais, e atividade antioxidante total nas safras de outono de 2014 e 2015, concentração de carotenoides totais na safra de outono de 2014, e parâmetros de cor da polpa (L*, C* e h°) na safra de outono de 2015, em 12 clones de batata de polpa colorida e uma cultivar convencional. Pelotas, 2018.

Clone/cultivar	Coloração da polpa	Antocianinas ¹		Compostos fenólicos ²	Atividade antioxidante ³	Carotenoides ⁴	L*	C*	h°
		2014	2015						
C2715-22-09	Roxa	110,07 a ⁵	45,12 b	145,24 a	1922,73 a	0,54	41,54 f	12,20 f	354,28 a
C2715-01-09	Roxa	93,79 a	64,47 a	160,15 a	2249,30 a	0,57	30,82 h	11,67 f	352,81 a
C2743-01-09	Roxa	89,09 a	75,31 a	152,98 a	2106,29 a	0,61	33,43 h	12,98 f	355,19 a
C2721-22-09	Roxa	88,02 a	57,92 a	145,78 a	1908,34 a	0,67	31,38 h	12,87 f	353,66 a
C2718-24-09	Roxa	62,49 b	43,48 b	128,67 b	1318,11 b	0,57	32,71 h	12,21 f	354,90 a
C2743-16-09	Vermelha entremeada com branco	55,74 b	31,98 b	129,46 b	1422,00 b	0,33	53,33 d	18,75 d	24,95 e
C2719-11-09	Roxa entremeada com branco	55,10 b	39,68 b	136,21 b	1610,17 b	0,41	36,90 g	15,99 e	346,88 a
C2717-04-09	Roxa entremeada com branco	46,64 b	22,22 c	116,03 b	1040,73 c	0,45	45,32 e	12,51 f	353,32 a
C2718-07-09	Creme entremeada com vermelho	15,41 c	5,80 e	85,20 c	723,28 c	0,48	65,60 b	26,22 b	95,09 b
C2743-09-09	Branco entremeada com roxo	14,47 c	12,01 d	115,92 b	976,69 c	0,25	60,93 c	10,61 f	58,72 d
C2722-12-09	Creme entremeada com vermelho	10,41 d	12,14 d	78,30 c	734,51 c	0,63	63,26 c	20,86 c	81,57 c
C2715-08-09	Amarelo claro	7,10 e	1,87 f	81,98 c	478,50 d	0,65	69,83 a	31,31 a	100,33 b
BRS Ana	Branca	2,90 f	5,47 e	63,73 c	308,90 d	0,46	71,93 a	23,90 b	100,65 b

¹mg cianidina 3-glicosídeo por 100 g de massa fresca; ²mg equivalente ácido clorogênico por 100 g de massa fresca; ³µg equivalente trolox por g de massa fresca; ⁴mg equivalente β-caroteno por 100g de massa fresca; ⁵Médias seguidas pela mesma letra na coluna, pertencem ao mesmo grupo pelo teste de Scott-Knott, ao nível de 5 % de probabilidade de erro.

Quanto às médias de antocianinas na safra de 2014, sobressaíram-se os clones de polpa roxa bem pigmentada C2715-22-09, C2715-01-09, C2743-01-09 e C2721-22-09, com concentrações acima de 88 mg C3G por 100 g de MF. Os clones C2718-24-09, C2743-16-09, C2719-11-09 e C2717-04-09, formaram o segundo grupo, sendo, portanto, também, fonte desse composto funcional. A cultivar BRS Ana, de polpa branca, apresentou a menor concentração de antocianinas (2,90 mg C3G por 100 g de MF).

Na safra de 2015, a superioridade observada nos clones para antocianinas em 2014 foi mantida, exceto para C2715-22-09, o qual juntamente com os clones C2718-24-09, C2743-16-09 e C2719-11-09 compuseram o segundo grupo. Diferentemente da safra anterior, a menor concentração de antocianinas totais foi observada no clone C2715-08-09, 1,87 mg C3G por 100 g de MF. A cultivar BRS Ana e o clone C2718-07-09 formaram o penúltimo grupo, com concentrações próximas a 5 mg C3G por 100 g de MF.

No que tange às médias dos compostos fenólicos, os teores variaram de 115,92 a 160,15 mg equivalente ácido clorogênico (EAC) por 100 g de MF em tubérculos de polpa roxa e de 78,30 a 129,46 mg EAC por 100 g de MF em tubérculos de polpa vermelha, evidenciando menor variação entre os clones em comparação com o teor de antocianinas, e ausência de influência significativa do ambiente. Os clones de polpa roxa bem pigmentada, C2715-22-09, C2715-01-09, C2743-01-09 e C2721-22-09, constituíram o grupo superior, com concentrações acima de 145 mg EAC por 100 g de MF. A cultivar BRS Ana, de polpa branca, e os clones C2718-07-09, C2722-12-09 e C2715-08-09 apresentaram as menores concentrações de compostos fenólicos, entre 63,73 e 85,20 mg EAC por 100 g de MF.

Os clones de polpa roxa bem pigmentada que se destacaram quanto aos compostos fenólicos e antocianinas demonstraram maior capacidade antioxidante, com valores acima de 1.900 µg equivalente trolox por g de MF. A cultivar BRS Ana de polpa branca, e o clone de polpa amarela clara C2715-08-09, apresentaram a menor capacidade antioxidante, 308,90 e 478,50 µg equivalente trolox por g de MF, respectivamente.

No que se refere à cor da polpa, os clones com polpa roxa e roxa entremeada com branco, C2717-04-09, C2715-22-09, C2719-11-09, C2743-01-09, C2718-24-09, C2721-22-09 e C2715-01-09, apresentaram ângulos de tonalidade (h°) no quarto

quadrante do sólido de cor Hunter (azul/vermelho) (Tabela 5). Os valores maiores do ângulo Hue, aliados a menor saturação (C*), apontam uma cor roxa mais opaca, que é condizente com a cor observada nestes clones.

Teor de glicose, massa seca e cor de “chips”

A análise de variância conjunta revelou significância ($p \leq 0,05$) para interação genótipo x ano para teor de glicose (Tabela 6). Sendo assim, o desempenho dos clones foi avaliado separadamente em cada ano de cultivo.

Tabela 6- Resumo da análise de variância conjunta para teor de glicose em 12 clones de batata de polpa colorida e uma cultivar convencional, nas safras de outono de 2014 e 2015. Pelotas, 2018.

Fonte de variação	GL	Glicose
Bloco/Ano	4	2,7E-04
Genótipo (G)	12	1,4E-03 *
Ano (A)	1	9,6E-04
G x A	12	8,5E-04 *
Resíduo	48	6,0E-05
Média	-	0,031
CV (%)	-	26,25

*Significativo a 5 % de probabilidade de erro.

Para os caracteres conteúdo de massa seca e cor de “chips” mensurados em apenas um ano realizou-se a análise de variância individual, a qual revelou diferença significativa para genótipo apenas para massa seca (Tabela 7).

Tabela 7- Resumo da análise de variância para conteúdo de massa seca na safra de outono de 2014, e cor de “chips” na safra de outono de 2015, em 12 clones de batata de polpa colorida e uma cultivar convencional. Pelotas, 2018.

Fonte de variação	GL	Quadrado médio	
		Massa seca	Cor de “chips”
Bloco	2	0,23	15,39
Genótipo	12	3,92 *	3,15
Resíduo	24	1,12	1,50
Média	-	21,99	4,65
CV (%)	-	4,81	26,38

* Significativo a 5 % de probabilidade de erro.

Com relação aos caracteres de interesse ao processamento industrial, a cultivar BRS Ana comportou-se conforme o esperado (Tabela 8) (PEREIRA et al.,

2010). Quanto ao teor de glicose, em 2014 três grupos foram formados. Os clones C2715-22-09, C2718-07-09, C2743-09-09 e C2743-16-09 e C2717-04-09 constituíram o grupo com os teores mais baixos, entre 0,014 e 0,020 %. A cultivar BRS Ana juntamente com os clones C2715-01-09, C2715-08-09 e C2718-24-09 apresentaram os teores mais elevados, entre 0,054 e 0,073 % de glicose. Na safra de 2015, exceto os clones C2715-08-09 e C2722-12-09, os demais clones apresentaram teores de glicose equivalentes à testemunha, entre 0,014 e 0,030 %.

Tabela 8- Médias para teor de glicose nas safras de outono de 2014 e 2015, conteúdo de massa seca e cor de “chips” na safra de outono de 2014, em 12 clones de batata de polpa colorida e uma cultivar convencional. Pelotas, 2018.

Clone/cultivar	Glicose (%)		Massa seca (%)	Cor de “chips”
	2014	2015		
BRS Ana	0,073 a ¹	0,030 b	23,0 a	6,0
C2715-01-09	0,065 a	0,022 b	22,8 a	5,1
C2715-08-09	0,061 a	0,064 a	21,9 a	3,9
C2718-24-09	0,054 a	0,014 b	20,9 b	5,3
C2719-11-09	0,032 b	0,024 b	20,9 b	6,2
C2721-22-09	0,030 b	0,015 b	20,6 b	4,9
C2722-12-09	0,026 b	0,066 a	20,2 b	3,0
C2743-01-09	0,023 b	0,019 b	22,9 a	4,6
C2715-22-09	0,020 c	0,020 b	22,7 a	5,2
C2718-07-09	0,015 c	0,015 b	22,1 a	4,7
C2743-09-09	0,015 c	0,019 b	22,7 a	3,9
C2743-16-09	0,015 c	0,018 b	23,9 a	2,8
C2717-04-09	0,014 c	0,027 b	21,1 b	4,8

¹Médias seguidas pela mesma letra na coluna, pertencem ao mesmo grupo pelo teste de Scott-Knott, ao nível de 5 % de probabilidade de erro.

Quanto ao conteúdo de massa seca, os clones foram agrupados em dois grupos (Tabela 8). O grupo superior foi formado pela cultivar BRS Ana e os clones C2715-01-09, C2715-08-09, C2743-01-09, C2715-22-09, C2718-07-09, C2743-09-09 e C2743-16-09, os quais compreenderam teores entre 21,9 a 23,9 %. Os demais clones apresentaram conteúdo de massa seca ainda acima de 20 %.

Para cor de “chips”, a ausência de significância entre os clones com polpa colorida pode ser atribuída à dificuldade em visualizar a cor (pigmentos marrons) (Apêndice A). Entretanto, pode-se verificar que os clones que apresentaram baixo teor de glicose exibiram cor de “chips” mais clara.

4.4 Discussão

Os resultados deste estudo confirmam a presença de elevadas concentrações de compostos fenólicos e antocianinas, e alta atividade antioxidante em batatas de polpa colorida (BROWN, 2008; BROWN et al., 2007, 2005), e em clones selecionados no Programa de Melhoramento Genético de Batata da Embrapa, os quais apresentam também características de processamento e potencial produtivo.

Além da constituição genética, vários fatores ambientais podem influenciar a biossíntese de compostos bioativos. Sinais de estresse como baixa temperatura e alta intensidade de luz têm sido relatados por induzir a biossíntese de antocianinas (SULC et al., 2017; REYES et al., 2004). As maiores concentrações de antocianinas são encontradas em tubérculos imaturos, ao passo que, durante o desenvolvimento dos tubérculos observa-se uma diminuição na concentração desses compostos, que é consistente com a expressão da maioria dos genes que diminuem à medida que os tubérculos atingem a maturidade (NAVARRE et al., 2013; LEWIS et al., 1999). Na safra de 2014, as concentrações de antocianinas foram mais altas do que na safra de 2015. Isto pode ser atribuído às temperaturas mais baixas ocorridas a partir dos 70 dias após o plantio em 2014, período que coincide com a fase de enchimento dos tubérculos (Apêndice B).

Teores mais elevados de antocianinas e compostos fenólicos, assim como capacidade antioxidante foram observados em clones com polpa roxa bem pigmentada. À semelhança do que foi relatado por outros autores (TIERNO et al., 2016; PILLAI et al., 2013; REDDIVARI et al., 2007b; REYES et al., 2005; BROWN et al., 2003), correlações (coeficiente de correlação de Pearson) positivas significativas ($p \leq 0,01$) foram verificadas neste estudo entre atividade antioxidante e a concentração de antocianinas ($r = 0,81$) e, compostos fenólicos ($r = 0,92$), indicando que esses compostos bioativos são os principais responsáveis pela capacidade antioxidante em batatas roxas e vermelhas. Em batatas com cor de polpa branca/creme e suas variantes, os principais responsáveis pela atividade antioxidante são os ácidos fenólicos e flavonoides (BROWN, 2005).

A ausência de variabilidade de carotenoides deve-se as concentrações baixas desse composto nos clones de polpa creme e amarelo claro. De acordo com Brown et al. (2005), clones com polpa vermelha/roxa possuem concentrações de carotenoides semelhantes aos de polpa branca. Desse modo, para disponibilizar

cultivares com polpa amarela mais intensa, deve-se introgridir germoplasma com maiores concentrações desse composto.

Os requisitos exigidos para os tubérculos destinados ao processamento são a capacidade de produzir produtos fritos de cor clara, saborosos e crocantes. A cor dos produtos processados está relacionada com o teor de açúcares redutores (MARQUEZ; AÑON, 1986), enquanto a crocância ao conteúdo de massa seca dos tubérculos (GENET, 1992). Nos programas de melhoramento de batata, a avaliação da cor de fritura na forma de “chips” é um método rápido e prático que serve como indicativo do teor de açúcares redutores dos clones. Entretanto, em genótipos com polpa colorida, devido à cor roxa da polpa mascarar os pigmentos marrons (melanoidinas) formados durante a reação de Maillard, o teor de glicose se mostra mais efetivo para avaliar a aptidão de uso dos clones. Considerando-se que o teor de glicose aceitável em tubérculos destinados para o processamento na forma de “chips” é abaixo de 0,035 % da massa fresca (STARK et al., 2003), exceto o grupo de clones com os teores mais elevados em ambas as safras de 2014 e 2015, os demais clones apresentam o teor requerido, podendo, portanto, serem utilizados para o processamento na forma de “chips”. Para que o produto processado apresente boa textura, crocância e elevado rendimento industrial, o conteúdo de massa seca dos tubérculos deve ser entre 20-24 % (LOVE, 2000), desta forma, é esperado que todos os clones apresentem boa qualidade industrial neste quesito.

No que tange aos efeitos do processamento térmico na concentração dos compostos bioativos, na literatura diferentes resultados têm sido relatados. Tierno et al. (2015) verificaram retenção de 45 a 74 % da concentração de compostos fenólicos e de 27 a 82 % de antocianinas após cozimento (100 °C), sendo as menores perdas observadas em cultivares com maiores concentrações de antocianinas. Tian et al. (2016) relataram perdas de 7 e 14 % de compostos fenólicos, e de 14 e 57 % de antocianinas após cozimento e fritura, respectivamente. Entretanto, embora haja perda dos compostos funcionais, esses compostos tornam-se mais biodisponíveis após o processamento.

Aliado às características de qualidade funcional e industrial, buscam-se genótipos com bom potencial produtivo. Tendo em vista que a produtividade e o tamanho dos tubérculos produzidos na safra de outono tendem a ser menor devido a menor disponibilidade e eficiência de utilização da radiação solar (BISOGNIN et al., 2008), os clones que apresentaram rendimento comercial igual ou superior à

'Asterix', cultivar de película vermelha mais plantada no Brasil e base da indústria nacional para fritura na forma de palitos pré-fritos congelados, são considerados promissores.

Considerando que a batata é um alimento básico importante, a disponibilidade de cultivares de polpa colorida, ricas em antioxidantes, é uma novidade atraente e uma alternativa interessante aos produtos tradicionais, podendo desempenhar um papel importante para a cadeia brasileira da batata, bem como para a saúde do consumidor. Neste último, com potencial de atenuação de fatores que levam ao câncer e doenças cardíacas (KASPAR et al., 2011; LIU, 2004).

4.5 Conclusão

Os clones C2715-01-09, C2721-22-09 e C2743-01-09 apresentam elevadas concentrações de compostos bioativos e alta capacidade antioxidante, além de boas características de qualidade de processamento e bom potencial produtivo.

O clone C2743-09-09 é o mais produtivo e possui atributos para fritura, porém apresenta teores mais baixos de compostos bioativos e atividade antioxidante mediana.

5. Considerações Finais

Na busca por alimentos que além de nutrir proporcionam benefícios à saúde, as batatas de polpa vermelha e roxa tem recebido atenção especial, devido às concentrações mais elevadas de compostos funcionais do que as convencionais. Visando contribuir com o desenvolvimento de cultivares de polpa colorida, adaptadas as condições brasileiras e com maior valor funcional, foram desenvolvidos três estudos, cujos resultados visaram conhecer a capacidade combinatória de clones para escolha de genitores, obter informações de parâmetros genéticos para definir estratégias de seleção, bem como caracterizar a concentração de fitoquímicos e a capacidade antioxidante de clones com diferentes graus de pigmentação.

O estudo referente às capacidades de combinação de seis genitores de batata de polpa colorida e de polpa creme e amarelo claro nas gerações iniciais de seleção, revelou que há predomínio de efeitos aditivos de genes no controle de caracteres de aparência (cor da película, profundidade de gemas, formato, apontamento e aparência geral de tubérculo, cor predominante da polpa e distribuição da cor secundária) e de rendimento de tubérculos (número e massa média de tubérculos). O clone C2721-22-09, de polpa roxa, tem alto potencial para ser utilizado como genitor na melhoria de caracteres de aparência, e o clone C1750-15-95, de polpa creme, para ser utilizado como genitor na melhoria de caracteres de rendimento de tubérculos, contribuindo com genes de efeito aditivo.

O estudo sobre parâmetros genéticos de caracteres de aparência externa e interna e de rendimento de tubérculos em uma população segregante para cor da película e da polpa sugere que pode se aplicar forte pressão de seleção para os caracteres cor da película, cor predominante da polpa, cor secundária da polpa e distribuição da cor secundária, com maiores ganhos esperados, e seleção leve a moderada para profundidade de gemas, formato e aparência geral de tubérculo, na primeira geração clonal. Textura da película, profundidade de gemas e número de tubérculos são os caracteres que mais influenciam a aparência geral de tubérculo.

O estudo sobre caracterização da concentração de compostos bioativos, caracteres de qualidade industrial e de rendimento de tubérculos revelou que os clones C2715-01-09, C2721-22-09 e C2743-01-09, com polpa roxa bem pigmentada, apresentam elevadas concentrações de compostos bioativos e alta capacidade antioxidante, além de boas características de qualidade de processamento e bom potencial produtivo. O clone C2743-09-09, com polpa branca entremeada com roxo, é o mais produtivo e possui atributos para fritura, porém apresenta teores mais baixos de compostos bioativos e atividade antioxidante mediana.

Referências

AHMED, S.S.; LOTT, M.N.; MARCUS, D.M. The macular xanthophylls. **Survey of Ophthalmology**, v. 50, p. 183-193, 2005.

AOAC. **Official methods of analysis of the Association of Official Analytical Chemists**. AOAC Official Method 934.06, Chapter 37, Arlington: A.O.A.C., 1995. p. 4.

BARBOSA, M.H.P.; PINTO, C.A.B. Análise dialéctica parcial entre cultivares de batata nacional e introduzidas. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v. 33, p. 307-320. 1998.

BISOGNIN, D.A.; MÜLLER, D.R.; STRECK, N.A.; ANDRIOLO, J.L.; SAUSEN, D. Desenvolvimento e rendimento de clones de batata na primavera e no outono. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v. 43, p. 699-705, 2008.

BRADSHAW, J.E. Potato breeding strategy. In: Vreugdenhil D. (ed). **Potato Biology and Biotechnology: Advances and Perspectives**. London: Elsevier, 2007. p. 157-177.

BRADSHAW, J.E.; MACKAY, G.R. Breeding strategies for clonally propagated potatoes. In: BRADSHAW, J.E.; MACKAY, G.R. (Eds.). **Potato genetics**. Wallingford: CAB International, 1994. p. 467-497.

BRADSHAW, J.E.; STEWART, H.E.; WASTIE, R.L.; DALE, M.F.B.; PHILLIPS, M.S. Use of seedling progeny tests for genetical studies as part of a potato (*Solanum tuberosum* subsp. *tuberosum*) breeding programme. **Theoretical and Applied Genetics**, v. 90, p. 899-905, 1995.

BRAND-WILLIAMS, W.; CUVELIER, M. E.; BERSET, C. Use of a free radical method to evaluate antioxidant activity. **Lebensmittel-Wissenschaft und Technologie**, London, v. 28, p. 25-30, 1995.

BROWN, C.R. Antioxidants in potato. **American Journal of Potato Research**, v. 82, p. 163-172, 2005.

BROWN, C.R. Breeding for phytonutrient enhancement of potato. **American Journal of Potato Research**, v. 85, p. 298-307, 2008.

BROWN, C.R.; CULLEY, D.; BONIERBALE, M.; AMORÓS, W. Anthocyanin, carotenoid content, and antioxidant values in native South American potato cultivars. **HortScience**, v. 42, n. 7, p. 1733-1736, 2007.

BROWN, C.R.; CULLEY, D.; YANG, C.P.; DURST, R.; WROLSTAD, R. Variation of anthocyanin and carotenoid contents and associated antioxidant values in potato breeding lines. **Journal of the American Society for Horticultural Science**, v. 130, n. 2, p. 174-180, 2005.

BROWN, C.R.; EDWARDS, C.G.; YANG, C.-P.; DEAN, B.B. Orange flesh trait in potato: Inheritance and carotenoid content. **Journal of the American Society for Horticultural Science**, v. 118, n. 1, p. 145-150, 1993.

BROWN, C.R.; VALES, I.; YILMA, S.; JAMES, S.; CHARLTON, B.; CULP, D.; HANE, D.; SHOCK, C.; FEIBERT, E.; PAVEK, M.; KNOWLES, R.; NOVY, R.; WHITWORTH, J.; STARK, J.; MILLER JR, J.C.; HOLM, D.; QUICK, R.; NAVARRE, R. "AmaRosa," a red skinned, red fleshed fingerling with high phytonutrient value. **American Journal of Potato Research**, v. 89, p. 249-254, 2012.

BROWN, C.R.; WROLSTAD, R.; DURST, R.; YANG, C.-P.; CLEVIDENCE, B. Breeding studies in potatoes containing high concentrations of anthocyanins. **American Journal of Potato Research**, v. 80, p. 241-250, 2003.

BROWN, J. The effect of the weight of the seedling-derived tuber on subsequent clonal generations in potato breeding programme. **Annals of Applied Biology**, v. 113, p. 69-78, 1988.

BROWN, J.; CALIGARI, P.D.S. Cross prediction in a potato breeding programme by evaluation of parental material. **Theoretical and Applied Genetics**, v. 77, p. 246-252, 1989.

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.

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

CARVALHO, F.I.F; LORENCETTI, C.; BENIN, G. **Estimativas e implicações da correlação no melhoramento vegetal**. Pelotas: Ed. UFPel, 2004. 99 p.

CRUZ, C.D. GENES - a software package for analysis in experimental statistics and quantitative genetics. **Acta Scientiarum**, v. 35, n. 3, p. 271-276, 2013.

CRUZ, C.D.; REGAZZI, A.J.; CARNEIRO, P.C.S. **Modelos Biométricos aplicados ao melhoramento genético**. 4 ed. Viçosa: Ed. UFV, 2012. 514p.

DOUCHES, D.; MAAS, D; JASTRZEBSKI, K.; CHASE, R.W. Assessment of potato breeding progress in the USA over the last Century. **Crop Science**, v. 36, p. 1544-1552, 1996.

EZEKIEL, R.; SINGH, N.; SHARMA, S.; KAUR, A. Beneficial phytochemicals in potato - a review. **Food Research International**, v. 50, p. 487-496, 2013.

FALCONER, D.S. **Introdução à genética quantitativa**. Viçosa: UFV, 1981. 279 p.

FALCONER, D.S.; MACKAY, T.F.C. **Introduction to quantitative genetics**. 4.ed. Edinburgh: Longman Group Limited, 1996. 464 p.

FAOSTAT – **Food and Agriculture Organization of The United Nations - Statistics Division**. Disponível em: <<http://faostat3.fao.org/download/Q/QC/E>> Acesso em: 12 fev. 2018.

FULEKI, T.; FRANCIS, F.J. Quantitative methods for anthocyanins. 1. Extraction and determination of total anthocyanin in Cranberries. **Journal of Food Science**, Chicago, v. 33, n. 1, p. 72-77, 1968.

GALARRETA, J.I.; 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.

GENET, R.A. Potatoes – the quest for processing quality. **Proceedings Agronomy Society of New Zealand**, v. 22, p. 3-7, 1992.

GÓMEZ, R. Guía para las caracterizaciones morfológicas básicas en colecciones de papas nativas. **Guía para las caracterizaciones morfológicas en papa**. Lima: CIP, 2000. 27p.

GOPAL, J.; GAUR, P.C.; RANA, M.S. Heritability intra- and inter-generation associations between tuber yield and its components in potato (*Solanum tuberosum* L.). **Plant Breeding**, v. 112, p. 80-83, 1994.

GOPAL, J.; MINOCHA, J.L. Heterosis and combining ability analysis in potato over two clonal generations. **Journal of the Indian Potato Association**. v. 25, p. 8-15, 1998.

GUEDES, M.L.; PINTO, C.A.B.P.; RIBEIRO, G.H.M.R.; LYRA, D.H.; CARNEIRO, O.L.G. Combining abilities for agronomic traits and marker-assisted selection for *Potato virus X* and *Potato virus Y* resistance. **Genetics and Molecular Research**, v. 15, p. 1-10, 2016.

HAYASHI, P. Batatas especiais. **Batata Show**, ano 7, n.17, p. 23, 2007.

HIRUT, B.; SHIMELIS, H.; FENTAHUN, M.; BONIERBALE, M.; GASTELO, M.; ASFAW, A. Combining ability of high land tropic adapted potato for tuber yield and yield components under drought. **Plos One**, v. 12, p. 1-22, 2017.

HULSCHER, M.T.; DELLEMAN, J.; EISING, J.; LAMMERTS VAN BUEREN, E.T. **Potato Breeding: A practical manual for the potato chain**. 1 ed. Wageningen: Wageningen University, 2013. 171 p.

IBGE - Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. **Levantamento sistematico da produção agrícola**. Disponível em: <<https://www.ibge.gov.br/estatisticas-novoportal/economicas/agricultura-e-pecuaria/9201-levantamento-sistematico-da-producao-agricola.html?edicao=19941&t=resultados>> Acesso em: 09 mar. 2018.

KASPAR, K.L.; PARK, J.S.; BROWN, C.R.; MATHISON, B.D.; NAVARRE, D.A.; CHEW, B.P. Pigmented potato consumption alters oxidative stress and inflammatory damage in men. **Journal of Nutrition**, v. 141, p. 108-111, 2011.

KILLICK, R.J. Genetic analysis of several traits in potatoes by means of a diallel cross. **Annals of Applied Biology**, v. 86, p. 279-289, 1977.

KUMAR, R.; KANG, G.S.; PANDEY, S.K. Estimation of genetic parameters and combining ability for characters related to potato propagation by true potato seed. **Potato Journal**, v. 35, p. 12-18, 2008.

LACHMAN, J.; HAMOUZ, K.; ORSÁK, M. Colored potatoes. In: SINGH, J.; KAUR, L. (eds.). **Advances in Potato Chemistry and Technology**. 2nd ed. New Zealand: Elsevier, 2016. p. 249-281.

LEWIS, C.E.; WALKER, J.R.L.; LANCASTER, J.E. Changes in anthocyanin, flavonoid and phenolic acid concentrations during development and storage of coloured potato (*Solanum tuberosum* L.) tubers. **Journal of the Science of Food and Agriculture**, v. 79, p. 311-316, 1999.

LI, X.Q.; JONG, H.; JONG, D.M.; JONG, W.S. Inheritance and genetic mapping of tuber eye depth in cultivated diploid potatoes. **Theoretical and Applied Genetics**, v. 110, p. 1068-1073, 2005.

LIU, R.H. Health-promoting components of fruits and vegetables in the diet. **Advances in Nutrition**, v. 4, p. 384S-392S, 2013.

LIU, R.H. Potential synergy of phytochemicals in cancer prevention: mechanism of action. **Journal of Nutrition**, v. 134, p. 3479S-3485S, 2004.

LOVE, S.L. Important characteristics in breeding processing potatoes. In: WORLD POTATO CONGRESS, 4., 2000. **Proceedings...** Amsterdam: Wageningen Pres, 2000. p. 261-266.

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.

MACKAY, G.R. Propagation by traditional breeding methods. In: RAZDAN, M.K.; MATTOO, A.K. (eds.). **Genetic improvement of solanaceous crops**. v. 1. Enfield: Science Publishers, 2005. p. 65-81.

MANIVEL, P.; PANDEL, S.K.; SINGH, S.V.; KUMAR, D. 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**, v. 1, p. 287-296, 2010.

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.

MARIS, B. The effect of seed tuber weight on characters in the first and second clonal generation of potato populations. **Euphytica**, v. 34, p. 465-482, 1986.

MARQUEZ, G.; AÑON, M.C. Influence of reducing sugars and amino acids in the color development of fried potatoes. **Journal of Food Science**, v. 51, n. 1, p. 157-160, 1986.

MCGUIRE, R.G. Reporting of objective color measurements. **Horticultural Science**, v. 27, p. 1254-1255, 1992.

MUHINYUZA, J.B.; SHIMELIS, H.; MELIS, R.; SIBIYA, J.; NZARAMBA, M.N. Combining ability analysis of yield and late blight [*Phytophthora infestans* (Mont.) de Bary] resistance of potato germplasm in Rwanda. **Australian Journal of Crop Science**, v. 10, p. 799-807, 2016.

MUTHONI, J.; SHIMELIS, H.; MELIS, R. Combining ability analysis of tuber yield and related traits and bacterial wilt (*Ralstonia solanacearum*) resistance in potato. **Australian Journal of Crop Science**, v. 9, p. 401-412, 2015.

NAVARRE, D.A.; PAYYAVULA, R.S.; SHAKYA, R.; KNOWLES, N.R.; PILLAI, S.S. Changes in potato phenylpropanoid metabolism during tuber development. **Plant Physiology and Biochemistry**, v. 65, p. 89-101, 2013.

NAVARRE, D.A.; SHAKYA, R.; HELLMANN, H. Vitamins, phytonutrients, and minerals in potato. In: SINGH, J.; KAUR, L. (eds.). **Advances in Potato Chemistry and Technology**. 2nd ed. New Zealand: Elsevier, 2016. p. 117-166.

NEELE, A.E.F.; NAB, H.J.; LOUWES, K.M. Identification of superior parents in a potato breeding programme. **Theoretical and Applied Genetics**, v. 82, p. 185-197, 1991.

NELSON, N. A photometric adaptation of the Somogyi Method for the determination of glucose. **Journal of Biological Chemistry**, v. 153, p. 375-380, 1944.

NEY, V.G.; TERRES, L.R.; SILVA, G.O. da.; PEREIRA, A. da S. Expected response to early-generation selection for yield and tuber appearance traits in potatoes. **Semina: Ciências Agrárias**, v. 37, n. 5, p. 2849-2858, 2016.

PEREIRA, A.S. (Org.). **Produção de batata no Rio Grande do Sul**. Sistema de Produção, 19. Pelotas: Embrapa Clima Temperado, 2010. 95 p.

PEREIRA, A.S.; BERTONCINI, O.; CASTRO, C.M.; MELO, P.E.; MEDEIROS, C.A.B.; HIRANO, E.; GOMES, C.B.; TREPTOW, R.O.; LOPES, C.A.; NAZARENO, N.X.R.; MACHADO, C.M.M.; BUSO, J.A.; OLIVEIRA, R.P.; UENO, B. BRS Ana: cultivar de batata de duplo propósito. **Horticultura Brasileira**, v. 28, p. 500-505, 2010.

PEREIRA, A.S.; CASTRO, C.M. **Batata 'Macaca' (macaquinha, rosa redonda, rosa maçã)**. Comunicado Técnico, 147. Pelotas: Embrapa Clima Temperado, 2006. 2 p.

PEREIRA, A.S.; SILVA, G.O.; BERTONCINI, O.; CASTRO, C.M.; BORTOLETTO, A.C.; HIRANO, E.; AZEVEDO, F.Q.; LIMA, M.F.; GOMES, C.B.; DUTRA, L.F.; SUINAGA, F.A.; CARVALHO, A.D.F.; MELO, P.E.; LOPES, C.A.; REISSER JUNIOR, C.; PINHEIRO, J.B.; MEDEIROS C.A.B.; KROLOW, A.C.R.; CASTRO, L.A.S.; NAZARENO, N.R.X. BRS F63 (Camila): A fresh market potato cultivar, with high yield potential and resistance to virus Y. **Horticultura Brasileira**, v. 36, p. 136-140, 2018.

PEREIRA, A.S.; SILVA, G.O.; CASTRO, C.M. Melhoramento de batata. In: NICK, C; BOREM, A (eds.). **Melhoramento de hortaliças**. Viçosa: Editora UFV, 2016. p. 128-157.

PILLAI, S.S.; NAVARRE, D.A.; MABERG, J. Analysis of polyphenols, anthocyanins and carotenoids in tubers from *Solanum tuberosum* Group Phureja, Stenotomum and Andigena. **American Journal of Potato Research**, v. 90, p. 440-450, 2013.

PINTO, C.A.B.; VALVERDE, V.I.R.; ROSSI, M.S. Eficiência da seleção nas primeiras gerações clonais em batata (*Solanum tuberosum* L.). **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v. 29, p. 771-778, 1994.

REDDIVARI, L.; HALE, A.L.; MILLER, J.C. Determination of phenolic content, composition and their contribution to antioxidant activity in specialty potato selections. **American Journal of Potato Research**, v. 84, p. 275-282, 2007b.

REDDIVARI, L.; VANAMALA, J.; CHINTHARLAPALLI, S.; SAFE, S.H.; MILLER, J.C. Anthocyanin fraction from potato extracts is cytotoxic to prostate cancer cells through of caspase-dependent and caspase-independent pathways. **Carcinogenesis**, v. 28, p. 2227-2235, 2007a.

RESENDE, M.D.V. **Software Selegem - REML/BLUP: sistema estatístico e seleção genética computadorizada via modelos lineares mistos**. Colombo: Embrapa Florestas, 2007. 350 p.

REYES, L.F.; MILLER, J.C.; CISNEROS-ZEVALLOS, L. Antioxidant capacity, anthocyanins and total phenolics in purple- and red-flesh potato (*Solanum tuberosum* L.) genotypes. **American Journal of Potato Research**, v. 82, p. 271-277, 2005.

REYES, L.F.; MILLER, J.C.; CISNEROS-ZEVALLOS, L. Environmental conditions influence the content and yield on anthocyanins and total phenolics in purple and red-flesh potatoes during tuber development. **American Journal of Potato Research**, v. 81, p. 187-193, 2004.

RODRIGUEZ-AMAYA, D.B. **A guide to carotenoid analysis in foods**. Washington: ILSI Press, 2001. 64 p.

SILVA, G.O.; NEY, V.G.; PEREIRA, A. da S.; TERRES, L.R. Relações entre caracteres de tubérculo de batata nas primeiras gerações de seleção. **Revista Ceres**, v. 61, p. 370-376, 2014.

SILVA, G.O.; NEY, V.G.; TERRES, L.R.; PEREIRA, A.S.; SUINAGA, F.A. Capacidade de combinação de genitores de batata para caracteres de aparência e rendimento de tubérculos. **Revista Ceres**, v. 60, p. 489-497, 2013.

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

SILVA, G.O.; PEREIRA, A.S.; SOUZA, V.Q.; CARVALHO, F.I.F.; FRITSCHÉ NETO, R. Correlações entre caracteres fenotípicos e análise de trilha para aparência e rendimento de batata. **Revista Ceres**, v. 56, p. 63-68, 2009a.

SILVA, G.O.; PEREIRA, A.S.; SOUZA, V.Q.; CARVALHO, F.I.F.; FRITSCHÉ NETO, R. Estimativa de capacidades de combinação em gerações iniciais de seleção de batata. **Horticultura Brasileira**, v. 27, p. 275-279, 2009b.

SILVA, G.O.; PEREIRA, A.S.; SOUZA, V.Q.; CARVALHO, F.I.F.; FRITSCHÉ NETO, R. Seleção para caracteres componentes de aparência e rendimento de tubérculo em plântulas de batata. **Horticultura Brasileira**, v. 26, p. 325-329, 2008.

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.

SLATER, A.T.; COGAN, N.O.I.; HAYES, B.J.; SCHULTZ, L.; DALE, M.F.B.; BRYAN, G.J.; FORSTER, J.W. Improving breeding efficiency in potato using molecular and quantitative genetics. **Theoretical and Applied Genetics**, v. 127, p. 2279–2292, 2014.

SIMMONDS, N.W. **Principles of crop improvement**. New York: Longman, 1979. 480 p.

STARK, J.C.; OLSEN, N.; KLEINKOPF, G.E.; LOVE, S.L. Tuber quality. In: STARK, J.C.; LOVE, S.L. **Potato Production Systems**. Aberdeen: University of Idaho, 2003. p. 329-343.

SULC, M.; KOTÍKOVÁ, Z.; PAZNOCHT, L.; PIVEC, V.; HAMOUZ, K.; LACHMAN, J. Changes in anthocyanidin levels during the maturation of color-fleshed potato (*Solanum tuberosum* L.) tubers. **Food Chemistry**, v. 237, p. 981-988, 2017.

SWAIN, T.; HILLIS, W. E. The phenolic constituents of *Prunus domestica* L.- The quantitative analysis of phenolic constituents. **Journal of Science and Food Agriculture**, Washington, v. 10, p. 63-68, 1959.

TAI, G.C.C. Estimation of general and specific combining abilities in potato. **Canadian Journal of Genetics and Cytology**, v. 18, p. 463-470, 1976.

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.

TALCOTT, T. S.; HOWARD, R. L. Phenolic autoxidation is responsible for color degradation in processed carrot puree. **Journal of Agriculture and Food Chemistry**, Washington, v. 47, p. 2109-2115, 1999.

TERRES, L.R.; LENZ, E.A.; CIMA, F.F.; SILVA, G.O. da; PEREIRA, A. da S. Genetic parameters associated with tuber yield and tuber appearance traits of potatoes in early generations of selection. **Revista Latinoamericana de la Papa**, v. 20, n. 2, p. 26-36, 2016.

TERRES, L.R.; LENZ, E.A.; ROCHA, D.; CERIOLI, M.; PEREIRA, A.S. Combining ability of potato parents for tuber appearance and tuber yield component traits. **Crop Breeding and Applied Biotechnology**, v. 17, p. 99-106, 2017.

TIAN, J.; CHEN, J.; CHEN, S.; CHEN, J.; LIU, D.; YE, X. Domestic cooking methods affect the phytochemical composition and antioxidant activity of purple-fleshed potatoes. **Food Chemistry**, v. 197, p. 1264-1270, 2016.

TIERNO, R.; GALARRETA, J.I.R. Genetic analyses for bioactive potential in tetraploid potato (*Solanum tuberosum* L.). **Plant Breeding**, v. 137, p. 210-219, 2018.

TIERNO, R.; LÓPEZ, A.; RIGA, P.; ARAZURI, S.; JARÉN, C.; BENEDICTO, L.; RUIZ de GALARRETA, J.I. Phytochemicals determination and classification in purple and red fleshed potato tubers by analytical methods and near infrared spectroscopy. **Journal of the Science of Food and Agriculture**, v. 96, p. 1888-1899, 2016.

TIERNO, R.; HORNERO-MÉNDEZ, D., GALLARDO-GUERRERO, L.; LÓPEZ-PARDO, R.; GALARRETA, J.I.R. Effect of boiling on the total phenolic, anthocyanin and carotenoid concentrations of potato tubers from selected cultivars and introgressed breeding lines from native potato species. **Journal of Food Composition and Analysis**, v. 41, p. 58-65, 2015.

THOMPSON, M.D.; THOMPSON, H.J.; MCGINLEY, J.N.; NEIL, E.S.; RUSH, D.K.; HOLM, D.G.; STUSHNOFF, C. Functional food characteristics of potato cultivars (*Solanum tuberosum* L.): phytochemical composition and inhibition of 1-methyl-1-nitrosourea induced breast cancer in rats. **Journal of Food Composition and Analysis**, v. 22, p. 571-576, 2009.

USDA – United States Department of Agriculture. **USDA Food Composition Databases**. Disponível em: <<https://ndb.nal.usda.gov/ndb/>> Acesso em: 03 mai. 2018.

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

Apêndices

Apêndice A- "Chips" de 12 clones de polpa colorida.



Apêndice B- Média semanal da radiação solar incidente (A) e temperatura mínima e máxima do ar (B) durante o cultivo de batata nas safras de outono de 2014 e 2015. NS indica diferença não significativa ($p>0,05$) entre as safras de cultivo.

