



Adaptabilidade e estabilidade de génotipos de batata com polpa roxa

Giovani Olegario da Silva^{ID¹}; Arione da Silva Pereira^{ID^{2*}}; Agnaldo Donizete Ferreira de Carvalho^{ID²}; Beatriz Marti Emygdio^{ID²}; Fernanda Quintanilha Azeved^{ID²}; Antonio César Bortoletto^{ID²}; Nelson Pires Feldberg^{ID²}; Carlos Francisco Ragassi^{ID¹}; Carlos Alberto Lopes^{ID¹}

Resumo

Antocianinas encontradas em batatas de polpa roxa demonstraram possuir fortes atividades antioxidantes com potencial para neutralizar radicais livres e, assim, proporcionar vários benefícios à saúde. Este trabalho teve como objetivo avaliar a adaptabilidade e estabilidade de génotipos de batata de polpa roxa a diferentes safras e regiões brasileiras. Os experimentos foram realizados em Canoinhas-SC, Pelotas-RS, Brasília-DF e Cristalina-GO. Foram avaliados dois clones avançados de polpa roxa C2743-01-09 e C2743-09-09, mais duas cultivares testemunhas de conhecida qualidade de fritura Atlantic (chips) e Asterix (palitos). Utilizou-se o delineamento de blocos completos casualizados com três repetições e parcelas úteis compostas por duas linhas de 25 plantas. Análise de variância conjunta, de agrupamento de médias por teste de Scott-Knott a 5% de probabilidade do erro, e de adaptabilidade e estabilidade pelo método WAASB revelaram alto potencial produtivo do clone C2743-09-09 e qualidade de fritura superior à cultivar Asterix, mas inferior à Atlantic, e plantas com ciclo vegetativo precoce e vigor moderado. Por outro lado, o clone C2743-01-09 produz grande quantidade de tubérculos, porém baixa produtividade de tubérculos comerciais, devido à baixa massa média de tubérculos, porque suas plantas apresentam ciclo muito curto e vigor baixo.

Palavras-chave: *Solanum tuberosum* L., rendimento de tubérculos, ciclo vegetativo, cor de fritura, peso específico.

*Autor para contato: arione.pereira@embrapa.br

¹ Embrapa Hortaliças, Brasília, DF, Brasil.

² Embrapa Clima Temperado, Pelotas, RS, Brasil.



Publicado por la Asociación Latinoamericana de la Papa bajo los términos de la licencia: [Atribución-NoComercial-CompartirIgual 4.0 Internacional \(CC BY-NC-SA 4.0\)](https://creativecommons.org/licenses/by-nc-sa/4.0/).

Summary

Adaptability and stability of sweet potato genotypes with red pulp

Anthocyanins found in purple-flesh potatoes have been shown to possess strong antioxidant activities with potential to neutralize free radicals and thus provide several health benefits. This work aimed to evaluate the adaptability and stability of purple-flesh potato genotypes to different crop years and Brazilian regions. The experiments were carried out in Canoinhas-SC, Pelotas-RS, Brasília-DF and Cristalina-GO, Brazil. Two advanced clones with purple flesh, C2743-01-09 and C2743-09-09, plus two control cultivars with known frying quality, Atlantic (chips) and Asterix (french fries), were evaluated. A randomized complete block design with three replications of two rows of 25 plants, was used. Joint analysis of variance, grouping of means by the Scott-Knott test at 5% probability, and adaptability and stability analysis by the WAASB method revealed high yield potential of the clone C2743-09-09 and frying quality superior to Asterix, but inferior to Atlantic, and plants with an early vegetative cycle and moderate vigor. The clone C2743-01-09, on the other hand, produces a large amount of tubers, but low yield of commercial tubers, due to low average tuber mass, because its plants shows a very short cycle and low vigor.

Additional keywords: *Solanum tuberosum* L., tuber yield, vegetative cycle, frying color, specific gravity.

Introdução

No Brasil, a batata (*Solanum tuberosum* L.) possui grande importância econômica e para a segurança alimentar. Em 2021, a produção foi superior a 4,13 milhões de toneladas em aproximadamente 125,7 mil hectares, com rendimento médio de 32,86 t ha⁻¹ (IBGE, 2022).

O interesse por batatas de polpa colorida tem crescido, em especial por aquelas que apresentam altas concentrações de antocianina, em função da atividade antioxidante. Essas batatas, com polpa roxa ou vermelha, possuem de duas a três vezes maior potencial antioxidante quando comparadas com batatas de polpa branca (Lechman & Hamouz, 2005). Por esse motivo, têm potencial para neutralizar radicais livres e, assim, proporcionar vários benefícios à saúde, como preservação da saúde cardiovascular, prevenção de cânceres, retardo da

degeneração macular da retina e outras doenças degenerativas (Zhao et al., 2009; Carrera et al., 2021). Estudos conduzidos por Vinson et al. (2012) demonstraram que batatas roxas são agentes efetivos no controle da hipertensão e na redução dos riscos de doenças cardíacas, sem associação com ganho de peso.

Na Europa, uma grande variedade de cultivares de batata estão disponíveis nos mercados e são precificadas, valorizadas e apreciadas em função de suas diferentes qualidades e aptidões culinárias (Benson, 2019). A possibilidade de associar diferentes atributos em uma mesma cultivar, como coloração roxa e aptidão para fritura, associando-se a isso a promoção de saudabilidade, pela atividade antioxidante, permitiriam uma inovação na indústria de chips nacional.

A demanda por cultivares aptas para processamento industrial está aumentando no Brasil (Santos et al., 2020). Essas cultivares devem apresentar alta produtividade de tubérculos, alto peso específico, baixo teor de açúcares redutores e ausência de distúrbios fisiológicos, entre outras características (Silva et al., 2020). O peso específico influencia a textura e o sabor do produto final, pois está diretamente relacionado ao teor de massa seca. Quanto maior o teor de massa seca, menor a absorção de gordura, melhorando a textura do produto final e otimizando o rendimento do processamento (Silva et al., 2020). Baixos níveis de açúcares redutores causam menos escurecimento durante a fritura, melhorando a aparência e o sabor do produto, que pode ser avaliado diretamente pela cor da fritura (Santos et al., 2020).

Em regiões temperadas, as cultivares com ciclo vegetativo mais longo (>130 dias) são mais produtivas que aquelas mais precoces, o que também tem sido verificado em condições tropicais. Com isso, a seleção de clones tardios é uma estratégia para aumentar a produtividade da cultura em condições tropicais (Lyra et al., 2015). No entanto, os produtores brasileiros preferem cultivares precoces (Silva et al., 2014), por estas possibilitam maior número de cultivos por ano, menor tempo de exposição das plantas a intempéries, menor risco de doenças e pragas, e menor demanda de irrigação e pulverização. As cultivares precoces permitem ainda, colher antecipadamente a cultura, dependendo da cotação do produto no mercado. Assim, a precocidade é um caráter de importante consideração para os programas de melhoramento de batata,

mas deve ser associado com nível de produtividade aceitável.

O vigor vegetativo das plantas é outro caráter importante. Silva et al. (2007) verificaram correlações de média magnitude entre maior vigor e maior número e rendimento de tubérculos, em avaliação de população de batata em primeira geração de campo. Da mesma forma, Pereira et al. (2017) reportaram correlações positivas, variando de média a alta, entre vigor de planta e rendimento total e comercial de tubérculos, em experimento de clones avançados de batata, sugerindo que plantas mais vigorosas produzem tubérculos maiores, com maior número e maior rendimento. Na prática, no entanto, nota-se que é preciso cuidado na seleção para vigor de planta, pois clones com plantas muito vigorosas normalmente possuem também ciclo mais longo (Bradshaw et al., 2004; Silva et al., 2017).

A presença da interação genótipo x ambiente (GxE), ou seja, diferentes respostas ou desempenho de genótipos em diferentes condições ambientais, interfere intensamente nos programas de melhoramento e torna imperativos estudos de adaptabilidade e estabilidade para identificar genótipos superiores altamente estáveis e adaptados em diversos ambientes (Karuniawan et al., 2021). O termo adaptabilidade refere-se à capacidade dos genótipos de responder positivamente aos estímulos ambientais, enquanto a estabilidade refere-se à capacidade dos genótipos de apresentarem um desempenho previsível em função dos estímulos ambientais (Cruz & Regazzi, 2001).

O método chamado WAASB (Média ponderada de pontuações absolutas do

valor singular da decomposição da matriz de BLUPs para os efeitos GxE gerados por um modelo linear misto), foi proposto por Olivoto et al. (2019). Esta metodologia combina características da análise AMMI (Efeito principal aditivo e interação multiplicativa) (Zobel et al., 1988) e as técnicas de modelo misto BLUP (Melhor preditor linear não viesado). Além da grande vantagem de usar efeitos aleatórios, o WAASB também fornece 100% da variação explicada neste índice em um gráfico bidimensional, enquanto para o AMMI o percentual de explicação depende de quanto a variação é acomodada no primeiro modelo AMMI1 (Olivoto et al., 2019).

O objetivo deste trabalho foi avaliar a adaptabilidade e estabilidade de genótipos

de batata de polpa roxa a diferentes safras e regiões brasileiras.

Material e Métodos

Os experimentos foram conduzidos nos locais e safras indicados na **Tabela 1**, para avaliação de dois clones avançados de batata com polpa roxa, C2743-01-09 e C2743-09-09. Devido não haver no Brasil cultivares de batata com polpa roxa com conhecido desempenho em diversas regiões produtoras e amplamente cultivadas, os clones foram comparados com duas cultivares amplamente utilizadas no Brasil na fabricação de batatas fritas na forma de palitos e de chips, Asterix e Atlantic, respectivamente.

Tabela 1. Ambientes (locais e anos), datas de plantio e espaçamentos dos experimentos conduzidos para análise de adaptabilidade e estabilidade de genótipos de batata com polpa roxa.

Símbolo	Município- Estado	Data de plantio	de Coordenadas e altitude	Espaçamento (m)	Tamanho da semente
Bra21	Brasília-DF	-	15°55'S, 48°08'O, 999m	0,80 x 0,35	-
Can20	Canoinhas-SC	05/08/2020	26°10'S, 50°23'O, 839m	0,75 x 0,35	20-30mm
Can21	Canoinhas-SC	10/08/2021	26°10'S, 50°23'O, 839m	0,75 x 0,35	30-40mm
Can22	Canoinhas-SC	03/02/2022	26°10'S, 50°23'O, 839m	0,75 x 0,35	30-40mm
Pel20	Pelotas-RS	18/08/2020	31°12'S, 52°26'O, 50m	0,80 x 0,35	20-30mm
Pel21	Pelotas-RS	06/08/2021	31°12'S, 52°26'O, 50m	0,80 x 0,35	20-30mm
Pel22	Pelotas-RS	21/02/2022	31°12'S, 52°26'O, 50m	0,80 x 0,35	-
Cris21	Cristalina-GO	-	-	0,80 x 0,35	-

Os experimentos foram delineados em blocos completos casualizados, com três repetições de parcelas compostas por quatro linhas de 25 plantas cada. Foram utilizados tubérculos-semente

armazenados previamente em câmara fria por oito meses ($3,5 \pm 0,5^\circ\text{C}$).

Nos experimentos de Canoinhas-SC foram aplicados fertilizantes nos sulcos de

plantio na dose de 120 kg ha⁻¹ N, 420 kg ha⁻¹ P₂O₅ e 240 kg ha⁻¹ K₂O (fórmula comercial NPK 04-14-08). Em Brasília-DF, foram aplicados nos sulcos de plantio 100 kg ha⁻¹ N, 350 kg ha⁻¹ P₂O₅ e 200 kg ha⁻¹ K₂O (fórmula comercial NPK 04-18-08), e em cobertura ao amontoar as plantas 120 kg N ha⁻¹. Em Cristalina-GO, foram aplicados nos sulcos de plantio 140 kg ha⁻¹ N, 830 kg ha⁻¹ P₂O₅ e 140 kg ha⁻¹ K₂O (fórmula comercial NPK 06-36-06), e em cobertura 120 kg N ha⁻¹. Nos experimentos de Pelotas-RS, nos sulcos de plantio, 120 kg ha⁻¹ N, 420 kg ha⁻¹ P₂O₅ e 240 kg ha⁻¹ K₂O (fórmula comercial NPK 04-14-08). Os tratamentos culturais e fitossanitários seguiram as recomendações das respectivas regiões.

Foram avaliados os seguintes caracteres agronômicos: Vigor de planta, atribuindo-se notas para cada parcela (1- maior vigor a 5- menor vigor), 70 dias após o plantio. Ciclo vegetativo, atribuindo-se notas (1- mais tardia a 5- mais precoce), 100 dias após o plantio. O rendimento de tubérculos foi avaliado pela pesagem dos tubérculos graduados das duas linhas internas de cada parcela. Os tubérculos foram classificados de acordo com o diâmetro transversal em comercial (>45mm) e não comercial (≤45mm), e pesados, obtendo-se o número (ha⁻¹/1000) e a massa total e comercial do tubérculo (kg ha⁻¹), e a massa média do tubérculo (g), obtida pela razão entre a massa total do tubérculo e o número total de tubérculos. Apenas para os anos de 2020 e 2021 em Pelotas, não foi possível avaliar os caracteres de rendimento devido à uma grande quantidade de plantas terem sido perdidas pela ocorrência de requeima linear misto) (Olivoto, 2019), usando o software R 3.5.2 (R Core Team, 2022).

(*Phytophthora infestans*) no final do ciclo vegetativo.

Para os caracteres de qualidade de processamento, foram avaliados o peso específico e a cor de fritura. O peso específico foi avaliado em amostras de tubérculos de tamanho comercial, usando um hidrômetro da Snack Food Association (Arlington, VA, EUA). Em Brasília e Cristalina, o peso específico foi realizado pela relação entre peso na água e peso no ar (Bonierbale et al., 2010). A cor da fritura foi avaliada em chips, utilizando-se amostras de três tubérculos sadios de tamanho comercial por parcela, em todas as repetições nos experimentos convencionais e em uma repetição no sistema orgânico. De cada amostra foram obtidas 15 fatias de cerca de 2,0 mm de espessura, fritas em óleo vegetal, a uma temperatura inicial de 180°C até a cessação do borbulhamento. A cor dos chips foi avaliada visualmente, atribuindo-se notas de 1 a 9 (1- escuro; 9- claro), conforme Silva et al. (2020).

Os dados foram testados para distribuição normal pelo teste de Lilliefors e submetidos a análises de variância individuais e conjunta. As médias foram agrupadas pelo teste de Scott-Knott a 5%, usando o software Genes (Cruz, 2013). Também a análise de adaptabilidade e estabilidade foi procedida com a metodologia WAASB (Média Ponderada de Pontuações Absolutas a partir da decomposição de valor singular da matriz do melhor linear não viesado preditor (BLUPs) para os efeitos genótipo x ambiente (GxE) gerados por um modelo

Resultados e Discussão

A análise de variância conjunta mostrou diferenças significativas ($p < 0,05$) entre os genótipos para todos os caracteres. Também houve efeitos significativos de ambiente e interação GxE para todos os caracteres, indicando que os genótipos tiveram desempenho diferente nos ambientes testados (dados não apresentados). Os coeficientes de variação ambiental foram inferiores ou próximos a 25% para a maioria dos caracteres, em

todos os experimentos, indicando boa precisão (**Tabelas 2 e 3**).

Considerando que características como as relacionadas ao rendimento de tubérculos são de natureza quantitativa e, portanto, sofrem maior influência ambiental do que qualitativas (Silva et al., 2017). A exceção foi o caráter vigor de planta em Pelotas na safra de 2022, onde ocorreu maior variação entre repetições, indicando menor precisão experimental nesse caso específico.

Tabela 2. Agrupamento de médias para caracteres de rendimento de tubérculos, em genótipos de batata, em ensaios conduzidos nos municípios de Canoinhas-SC (Can), Pelotas-RS (Pel), Brasília-DF (Bra) e Cristalina-GO (Cris), nos anos de 2020, 2021 e 2022. Médias seguidas da mesma letra minúscula na coluna e maiúsculas na linha não diferiram por Skott-Knott a 5%. CV: coeficiente de variação fenotípico.

	Número de tubérculos comerciais, ha ⁻¹ /1000					
	Bra21	Can20	Can21	Can22	Pel22	Cris21
Asterix	85,37 aB	64,94 aC	110,26 bB	162,09 aA	167,94 aA	55,64 aC
Atlantic	73,55 aB	82,57 aB	81,30 cB	79,27 bB	185,47 aA	57,93 aB
C2743-09-09	69,74 aD	87,40 aC	144,05 aB	97,31 bC	188,52 aA	58,43 aB
C2743-01-09	59,92 aB	38,32 bB	124,24 bA	155,99 aA	140,24 bA	-
Média	72,15	68,31	114,96	123,67	170,54	57,33
CV	11,81	25,87	15,91	17,03	7,93	13,13
	Massa de tubérculos comerciais, t ha ⁻¹					
	Bra21	Can20	Can21	Can22	Pel22	Cris21
Asterix	16,39 aA	10,99 aB	18,42 bA	18,37 aA	17,22 bA	12,07 aB
Atlantic	14,05 aB	14,80 aB	14,99 cB	11,13 bB	22,39 aA	14,52 aB
C2743-09-09	13,04 aC	13,50 aC	25,79 aA	19,53 aB	17,22 bB	14,74 aA
C2743-01-09	10,36 bB	5,39 bC	14,10 cA	12,44 bA	10,49 cB	-
Média	13,46	11,17	18,32	15,37	16,83	13,77
CV	20,02	17,13	11,35	15,26	9,06	11,23
	Número total de tubérculos, ha ⁻¹ /1000					
	Bra21	Can20	Can21	Can22	Pel22	Cris21
Asterix	182,16 aC	193,50 aC	204,52 bC	287,85 aB	383,89 aA	80,28 aD
Atlantic	134,91 aB	222,56 aA	139,23 cB	172,51 bB	255,59 bA	88,16 aC
C2743-09-09	139,48 aC	249,40 aB	291,92 aB	184,20 bC	338,41 aA	86,38 aC
C2743-01-09	122,33 aC	231,53 aB	252,29 aB	225,61 bB	342,48 aA	-
Média	144,72	224,25	221,99	217,54	330,09	84,94
CV	15,66	12,95	18,70	14,39	12,20	11,86
	Massa total de tubérculos, t ha ⁻¹					
	Bra21	Can20	Can21	Can22	Pel22	Cris21
Asterix	25,09 aA	17,58 bB	25,92 bA	22,92 aA	24,95 aA	14,21 aB
Atlantic	19,56 bB	22,74 aA	20,58 bB	13,97 bC	27,13 aA	19,78 aB
C2743-09-09	18,47 bC	23,05 aB	33,67 aA	23,16 aB	21,81 aB	16,74 aB
C2743-01-09	15,50 bB	14,16 bB	21,72 bA	14,56 bB	16,10 bB	-
Média	19,65	19,38	25,47	18,65	22,50	16,91
CV	18,85	14,49	14,63	15,71	12,44	13,06
	Massa média de tubérculos, g					
	Bra21	Can20	Can21	Can22	Pel22	Cris21
Asterix	137,63 aB	91,75 aC	130,62 aB	78,99 bC	65,17 bC	178,64 bA
Atlantic	145,18 aB	102,65 aC	148,88 aB	81,08 bC	107,74 aC	230,08 aA
C2743-09-09	130,28 aB	92,50 aC	115,99 aB	125,36 aB	65,37 bC	194,72 bA
C2743-01-09	99,94 bB	61,50 bC	86,78 bB	64,47 bC	50,27 bC	-
Média	128,26	87,10	120,57	87,48	72,14	201,15
CV	12,80	12,43	20,08	8,97	22,91	13,71

Tabela 3. Agrupamento de médias para caracteres de qualidade de fritura e de planta, em genótipos de batata, em ensaios conduzidos nos municípios de Canoinhas-SC (Can), Pelotas-RS (Pel), Brasília-DF (Bra) e Cristalina-GO (Cris), nos anos de 2020, 2021 e 2022.

	Peso específico					
	Bra21	Can20	Can22	Pel20	Pel21	Pel22
Asterix	1.080 cB	1.086 bA	1.071 cC	1.084 bB	1.088 bA	1.076 aC
Atlantic	1.090 aB	1.096 aA	1.083 aC	1.096 aA	1.097 aA	1.079 aD
C2743-09-09	1.085 bB	1.091 bA	1.068 cD	1.085 bB	1.087 bA	1.082 aB
C2743-01-09	1.080 cC	1.086 bB	1.077 bC	1.085 bB	1.092 aA	1.078 aC
Média	1,084	1,090	1,075	1,087	1,091	1,079
CV	0,16	0,05	0,02	0,08	0,08	0,12
	Cor de fritura*					
	Bra21*	Can21	Pel20	Pel21	Pel22	Cris21
Asterix	5,00 bB	6,00 bA	4,00 bB	6,00 aA	6,33 aA	4,50 bB
Atlantic	7,00 aA	8,00 aA	8,67 aA	7,67 aA	7,33 aA	6,67 aA
C2743-09-09	5,50 bB	6,33 bB	7,67 aA	6,33 aB	6,67 aB	6,67 aB
C2743-01-09	5,00 bA	6,67 bA	7,00 aA	6,33 aA	6,00 aA	-
Média	5,63	6,75	6,83	6,58	6,58	6,13
CV	16,83	8,18	8,79	20,41	19,44	6,23
	Vigor de planta**					
	Bra21*	Can20	Can21	Can22	Pel20	Pel21
Asterix	2,50 bC	3,00 bB	2,00 bC	3,00 aB	3,33 bB	4,67 aA
Atlantic	3,50 bA	3,00 bA	2,00 bB	3,00 aA	3,00 bA	3,33 bA
C2743-01-09	4,50 aA	5,00 aA	4,33 aA	3,00 aB	4,33 aA	5,00 aA
C2743-09-09	3,00 bB	2,33 bB	2,33 bB	3,00 aB	4,00 aA	4,67 aA
Média	3,38	3,33	2,67	3,00	3,67	4,42
CV	14,18	8,66	12,5	0,03	19,81	12,51
	Ciclo vegetativo***					
	Can20	Can21	Can22	Pel20	Pel21	-
Asterix	5,00 aB	9,00 aA	6,00 bB	3,00 bC	6,00 bB	-
Atlantic	6,00 aA	7,00 bA	5,00 bB	3,67 bC	6,00 bA	-
C2743-01-09	5,67 aB	6,33 bB	8,00 aA	4,67 aC	7,67 aA	-
C2743-09-09	5,33 aC	7,00 bB	8,33 aA	4,00 aD	5,67 bC	-
Média	5,50	7,33	6,83	3,83	6,33	-
CV	13,55	7,87	4,22	11,50	13,92	-

Médias seguidas da mesma letra minúscula na coluna e maiúsculas na linha não diferiram por Skott-Knott a 5% de probabilidade do erro. CV: coeficiente de variação fenotípico. *Cor de fritura: notas de 1- escuro a 9- claro; **Vigor de planta: notas de 1- maior vigor a 5- menor vigor; ***Ciclo vegetativo: notas de 1- mais tardia a 5- mais precoce.

O índice de avaliação da adaptabilidade e estabilidade WAASB considera em conjunto as informações de todos os componentes principais (PCAs) e possibilita a formação de quatro quadrantes, uma vez que os maiores valores desse índice se referem a genótipos menos estáveis e ambientes com alto potencial de discriminação (Olivoto et al., 2019). Possui também a facilidade de interpretação, pois considera os PCAs e o rendimento juntos no mesmo gráfico. Os resultados dos caracteres relacionados à produção de tubérculos estão mostrados na **Figura 1 e Tabela 2**.

Quanto à massa de tubérculos comerciais, verifica-se que o genótipo C2743-09-09 foi o mais produtivo no conjunto de ambientes avaliados (média de 17,30 t ha⁻¹), tendo apresentado melhor adaptação às condições de cultivo de Canoinhas em 2021 e 2022, e Pelotas em 2022. As duas cultivares testemunhas também apresentaram rendimento acima da média geral (14,82 t ha⁻¹), e dentre elas Atlantic foi a mais instável, enquanto Asterix apresentou maior estabilidade nos ambientes avaliados. O clone C2743-01-09 foi o menos produtivo. Canoinhas 2020, Brasília 2021 e Cristalina 2021 foram os ambientes mais estáveis, porém proporcionaram menores produtividades e menor potencial de discriminação dos genótipos avaliados. Em relação ao número de tubérculos comerciais, conforme esperado, ocorreu um padrão bastante semelhante à massa de tubérculos comerciais. O ambiente Pelotas 2022 proporcionou o maior número de tubérculos com tamanho comercial. O clone C2743-09-09 e a cultivar testemunha Asterix apresentaram os maiores valores. Atlantic, apesar de ter

apresentado massa de tubérculos acima da média, teve menor número de tubérculos comerciais, isso devido à característica dessa cultivar, que é produzir menor número de tubérculos, porém de tamanho grande (Pereira et al., 2015; Silva et al., 2018).

Quanto à massa total de tubérculos, semelhante ao que ocorreu com a massa de tubérculos comerciais, os genótipos C2743-09-09 e Asterix apresentaram as maiores produções, sendo estas em Canoinhas 2021. O clone C2743-01-09 apresentou maior estabilidade, ou seja, menor variação entre os ambientes, porém, também menores rendimentos.

Para o número total de tubérculos, também houveram respostas semelhantes ao número de tubérculos comerciais, porém, esse caráter ajuda a entender melhor a resposta de alguns genótipos. Por exemplo, o desempenho do clone C2743-01-09, que produziu grande número de tubérculos, porém de tamanho menor.

A massa média de tubérculos também permite entender melhor o comportamento dos genótipos quanto aos caracteres relacionados à produção de tubérculos. Como o observado anteriormente para o clone C2743-01-09, que produziu grande quantidade de tubérculos, porém, de tamanho menor. Há outros exemplos, como Atlantic, que produz menor número de tubérculos, porém de tamanho maior. Também é possível entender melhor o porquê da superioridade do clone C2743-09-09 quanto à produção de tubérculos, visto que apresenta elevado número e ao mesmo tempo tubérculos de com massa média superior a outros genótipos. A obtenção de elevado número e tamanho de tubérculos não é fácil de ser obtida, visto

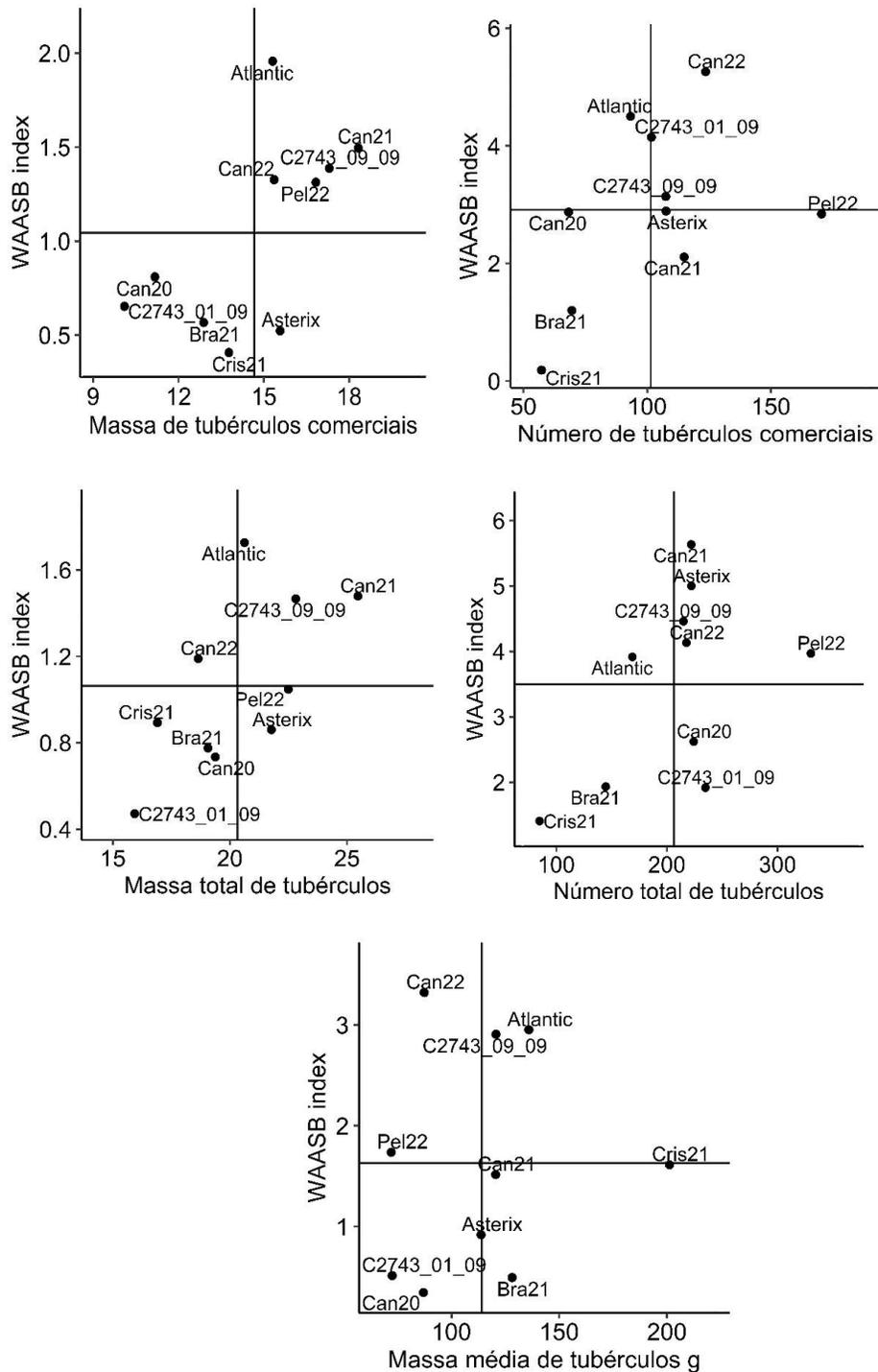


Figura 1. Adaptabilidade e estabilidade de genótipos de batata pelo método WAASB para caracteres de rendimento de batata. Número de tubérculos ha⁻¹/1000; Massa de tubérculos t ha⁻¹. Ambientes (Bra21, Can20, Can21, Can22, Pel20, Pel21, Pel22, Cris21) de acordo com a Tabela 1.

que há uma tendência de que quanto maior o número de tubérculos em uma planta, menor é a massa média dos mesmos (Silva et al., 2021). Cima et al. (2020) avaliaram a produtividade de tubérculos dos clones C2743-09-09 e C2743-01-09 e verificaram diferença em massa total de tubérculos, 29,76 t ha⁻¹ e 26,92 t ha⁻¹, respectivamente, mas que não foi significativa. Também verificaram superioridade na produção comercial do clone C2743-09-09 (27,47 t ha⁻¹) em relação ao clone C2743-01-09 (24,09 t ha⁻¹), e em massa média do primeiro (96,85 g) em relação ao segundo clone (77,55 g), concordando com o presente trabalho. Os mesmos autores caracterizaram esses clones quanto à concentração de antocianina, com valores médios de 13,24 g/100g de massa fresca e 82,20 g/100g de massa fresca, respectivamente. Identificar genótipos com bom rendimento de tubérculos e boa qualidade de fritura é também complexo, principalmente quanto à cor de fritura (Bradshaw et al., 2000; Luthra et al., 2018; Silva et al., 2018; Silva et al., 2021).

Para a produção de palitos, os parâmetros geralmente aceitos pela indústria são de teor de massa seca variando de 18 a 24%, o que corresponde ao peso específico de 1,070 a 1,097, respectivamente, enquanto para produção de chips é necessário um teor maior de massa seca, entre 20 e 24% (peso específico entre 1,077 e 1,097), devido à sua maior relação superfície/volume, o que aumenta a absorção e retenção superficial de óleo (Pádua et al., 2010).

A elevada qualidade de fritura, associada com o formato arredondado, contribui para a boa aceitação da cultivar Atlantic pela indústria de chips, enquanto o formato

mais alongado e relativa boa qualidade de fritura de Asterix também contribuem para a aceitação dela na indústria nacional de palitos pré-fritos congelados. Verifica-se que a cultivar Atlantic foi o genótipo que melhor associou bom rendimento de tubérculos com elevado peso específico e cor clara de fritura (**Tabela 3 e Figura 2**). Observa-se também que ambos os clones de polpa roxa foram superiores quanto à qualidade de fritura em relação à testemunha Asterix.

Wolter et al. (2017) avaliaram a qualidade de fritura do clone C2743-09-09 comparativamente à Asterix, e verificaram valores de peso específico na média de duas safras de 1,074 e 1,076, não diferindo estatisticamente, e também não havendo diferenças significativas para a cor de chips. Silva et al. (2019) também avaliaram esse clone em comparação com a mesma testemunha e verificaram peso específico médio de 1,076 e 1,074, respectivamente, e cor de fritura um pouco mais clara para Asterix (nota 6,06) em comparação com o clone (nota 5,25), mas não significativamente diferentes.

Quanto a caracteres de planta (**Tabela 3 e Figura 2**), também há um grande desafio na combinação destes em genótipos produtivos. Isso porque alguns estudos correlacionam maior produtividade de tubérculos com maior vigor da planta (Bertin et al., 2013; Pereira et al., 2017; Silva et al., 2019), e ciclo vegetativo mais longo (Lyra et al., 2015). Apesar disso, em geral, os produtores preferem cultivares com plantas não tão vigorosas, devido à relação entre plantas vigorosas e maturidade tardia (Lamboro et al., 2014; Silva et al., 2019). Cultivares precoces permitem maior número de safras ao longo do ano, além de menor tempo de exposição

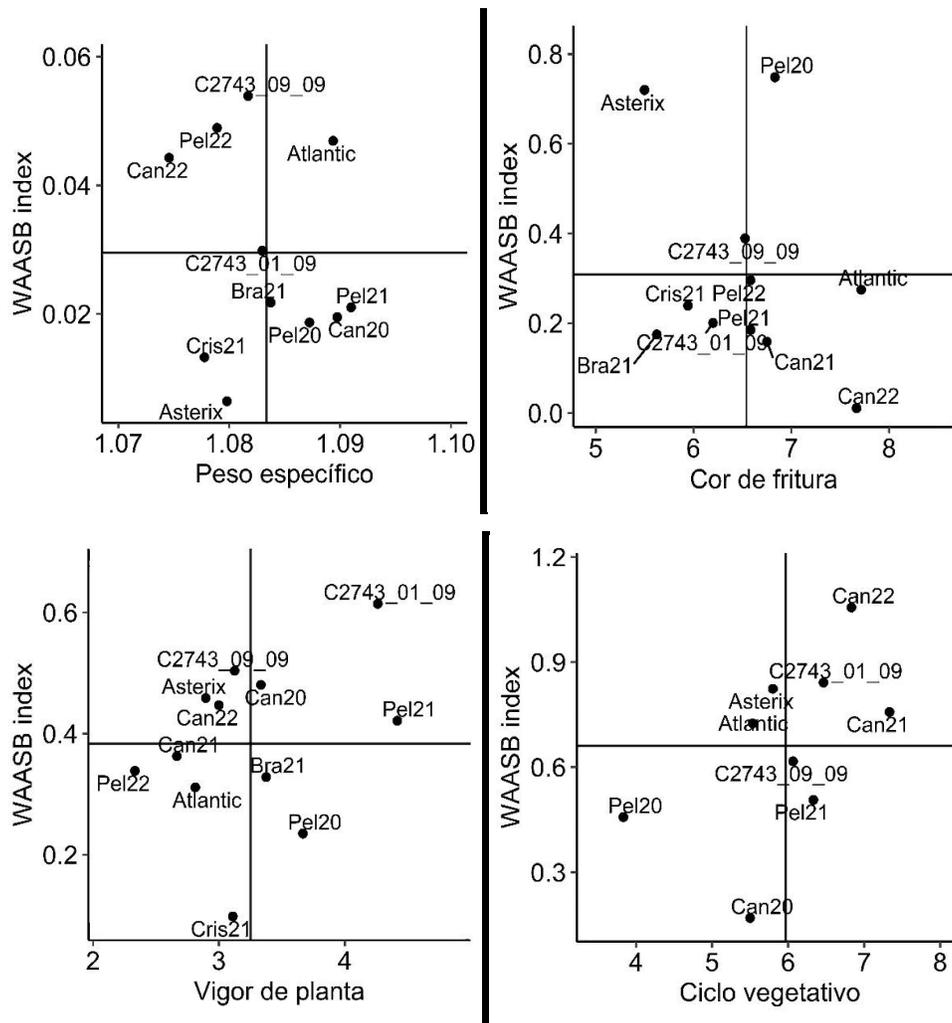


Figura 2. Adaptabilidade e estabilidade de genótipos de batata pelo método WAASB para caracteres de qualidade de fritura e de planta. Ambientes (Bra21, Can20, Can21, Can22, Pel20, Pel21, Pel22, Cris21) de acordo com a Tabela 1. Cor de fritura: notas de 1- escuro a 9- claro; Vigor de planta: notas de 1- maior vigor a 5- menor vigor; Ciclo vegetativo: notas de 1- mais tardia a 5- mais precoce.

das plantas a estresses bióticos e abióticos e menor demanda por irrigação. Essa relação negativa entre caracteres de planta e a produtividade ficou evidente no presente trabalho, em que houve basicamente menor vigor de planta e menor ciclo vegetativo para o clone C2743-01-09, que foi o menos produtivo. Isso ajuda entender melhor o que ocorre com esse clone, que apesar de apresentar elevado número de tubérculos, produz tubérculos pequenos, e conclui-se que isso se deve a plantas bastante pequenas e muito precoces, o que provavelmente contribuiu para uma menor área foliar e também menor tempo para a realização da fotossíntese, fazendo com que os tubérculos tenham menor desenvolvimento. Nesses dois quesitos também se destaca o clone C2743-09-09, apresentando ciclo vegetativo mais precoce do que a média, e plantas moderadamente vigorosas, pouco abaixo da média do experimento. Silva et al. (2019) avaliaram o clone C2743-09-09 em comparação com Asterix para ciclo vegetativo e vigor de planta, e também constataram plantas menos vigorosas para o clone, porém sem diferenças significativas entre eles para ciclo vegetativo.

Conclusões

O clone de batata de polpa roxa C2743-09-09 apresenta alto potencial produtivo, qualidade de fritura superior à cultivar Asterix e inferior à Atlantic, e plantas com ciclo vegetativo precoce e vigor moderado.

O clone C2743-01-09 produz grande quantidade de tubérculos, porém apresenta baixa produtividade de tubérculos comerciais, devido à baixa massa média de

tubérculos porque suas plantas apresentam ciclo vegetativo muito curto e vigor baixo.

Referências

- Benson, L. (2019). A chef's perspective on potatoes and diet. *American Journal of potato Research*, 96, 98-99. <https://doi.org/10.1007/s12230-019-09718-7>
- Bradshaw, J.E., Todd, D., Wilson, R.N. (2000). Use of tuber progeny tests for genetical studies as part of a potato (*Solanum tuberosum* subsp. *tuberosum*) breeding programme. *Theoretical and Applied Genetics*, 100, 772-781. <https://doi.org/10.1007/s001220051351>
- Bradshaw, J.E., Pande, B., Bryan, G.J., Hackett, C.A.; Mclean, K., Stewart, H.E. (2004). Interval mapping of quantitative trait loci for resistance to late blight [*Phytophthora infestans* (Mont.) de Bary], height and maturity in a tetraploid population of potato (*Solanum tuberosum* subsp. *tuberosum*). *Genetics*, 168, 983-995.
- Carrera, C., Aliaño-González, M.J., Valaityte, M., Ferreira-González, M., Barbero, G.F., Palma, M. (2021). A novel ultrasound-assisted extraction method for the analysis of anthocyanins in potatoes (*Solanum tuberosum* L.). *Antioxidants*, 10, 1375. DOI: [10.3390/antiox10091375](https://doi.org/10.3390/antiox10091375)
- Cima, F.F., Pereira, E.S., Schiavon, M.V., Munhoz, P.C., Lenz, E.A., Wolter, D.D., Silva, T.A., Azevedo, F.Q., Vizzotto, M., Pereira, A.S. (2020). Bioactive compounds, processing quality and yield of colored flesh potato clones. *Horticultura Brasileira*, 38, 139-145. DOI - <http://doi.org/10.1590/S0102-053620200205>
- Bonierbale, M.W., Haan, S.D., Forbes, A., Bastos, C. (2010). *Procedimientos para*

pruebas de evaluación estándar de clones avanzados de papa: Guía para cooperadores internacionales. Centro Internacional de La Papa. Lima, Peru, 151p.

Cruz, C.D., Regazzi, A.J. (2001). *Modelos biométricos aplicados ao melhoramento genético*. Viçosa: UFV, 390p.

Cruz, C.D. (2013). Genes: a software package for analysis in experimental statistics and quantitative genetics. *Acta Scientiarum Agronomy*, 35, 271-276. <https://doi.org/10.4025/actasciagron.v35i3.21251>

_IBGE. Levantamento sistemático da produção agrícola. (2021). SIDRA, Rio de Janeiro.

<https://sidra.ibge.gov.br/home/lspa>.

Karuniawan, A., Maulana, H., Ustari, D., Dewayani, S., Solihin, E., Solihin, M.A., Solihin, M.A., Amien, S., Arifin, M. (2021). Yield stability analysis of orange-fleshed sweet potato in Indonesia using AMMI and GGE biplot. *Heliyon*, 7, e06881. DOI:

[10.1016/j.heliyon.2021.e06881](https://doi.org/10.1016/j.heliyon.2021.e06881)

Lamboro, A., Petros, Y., Andargie, M. (2014). Correlation and path coefficient analysis between yield and yield components in potato (*Solanum tuberosum* L.). *Plant Science Today*, 1, 196-200.

<https://doi.org/10.14719/pst.2014.1.4.79>

Lachman, J., Hamouz, K. (2005). Red and purple coloured potatoes as a significant antioxidant source in human nutrition – a review. *Plant Soil Environ*, 51, 477–482.

Lyra, D.H., Ribeiro, G.H.M.R., Figueiredo, I.C.R.D., Guedes, M.L., Carneiro, O.L.G., Pinto, C.A.B.P., Pereira, A.D.S. (2015). Início da tuberização, duração do ciclo vegetativo e tolerância ao

calor em genótipos de batata. *Pesquisa Agropecuária Brasileira*, 50, 582-592. DOI: 10.1590/S0100-204X2015000700008

Luthra, S.K., Gupta V.K., Kaundal, B., Tiwari, J.K. (2018). Genetic analysis of tuber yield, processing and nutritional traits in potato (*Solanum tuberosum*). *Indian Journal of Agricultural Sciences*, 88, 1214-21.

Olivoto, T. (2019). *Metan: multi environment trials analysis*. R package version 1.1.0. <https://github.com/TiagoOlivoto/metan>

Pádua, J.G.D.E., Araújo, T.H., Dias, I.E., Carmo, E.L., Da Silva, H., Mesquita, H.A. (2010). Aptidão de cultivares de batata holandesa para processamento na forma de fritura. *Revista Raízes e Amidos Tropicais*, 6, 1-10.

Pereira, A.S., Nazareno, N.R.X., Silva, G.O., Bertocini, O., Castro, C.M., Hirano, E., Bortoletto, A.C., Treptow, R.O., Dutra, L.F., Lima, M.F., Gomes, C.B., Krolow, A.C.R., Medeiros, C.A.B., Castro, L.A.S., Suinaga, F.A., Lopes, C.A., Melo, P.E. (2015). BRSIPR Bel: Cultivar de batata para chips com tubérculos de boa aparência. *Horticultura Brasileira*, 33, 135-139. DOI -

<http://dx.doi.org/10.1590/S0102-053620150000100022>

Pereira, A.S., Silva, G.O., Carvalho, A.D.F., Ponijaleki, R.S. (2017). Performance of advanced potato clones: plant vigor, tuber yield and specific gravity. *Horticultura Brasileira*, 35, 440-444. <https://doi.org/10.1590/S0102-053620170321>

Santos, M.N.D.S., Araujo, F.F.D., Lima, P.C.C., Costa, L.C.D., Finger, F.L. (2020). Changes in potato tuber sugar metabolism

in response to natural sprout suppressive compounds. *Acta Scientiarum. Agronomy*, 42, 1-6. <https://doi.org/10.4025/actasciagron.v42i1.43234>

Silva, G.O., Pereira, A.S., Souza, V.Q., Carvalho, F.I.F., Fritsche Neto, R. (2007). Correlações entre caracteres de aparência e rendimento e análise de trilha para aparência de batata. *Bragantia*, 66, 381-388. <https://doi.org/10.1590/S0006-87052007000300003>

Silva, G.O., Pereira, A.D.S., Carvalho, A.D.F.D. (2014). Seleção de clones de batata para fritura com base em índices de seleção. *Revista Ceres*, 61, 941-947. <http://dx.doi.org/10.1590/0034-737X201461060008>

Silva, G.O., Pereira, A.S., de Carvalho, A.F., Azevedo, F.Q., Ponijaleki, R. (2017). Rendimento de tubérculos de clones avançados de batata. *Revista Latinoamericana de la Papa*, 21, 15-21. <https://doi.org/10.1590/S0102-05362014000200020>

Silva, G.O., Carvalho, A.D.F., Pereira, A.S., Ragassi, C.F., Azevedo, F.Q. (2017b). Desempenho de clones avançados de batata para rendimento de tubérculos em quatro ambientes. *Revista Agro@ambiente On-line*, 11, 323-330. <https://doi.org/10.18227/1982-8470ragro.v11i4.4209>

Silva, G.O., Pereira, A.S., Azevedo, F.Q., Carvalho, A.D.F., Pinheiro, J.B. (2018). Selection of potato clones for tuber yield, vine maturity and frying quality. *Horticultura Brasileira*, 36, 276-281. DOI: [10.1590/s0102-053620180222](https://doi.org/10.1590/s0102-053620180222)

Silva, G.O., Bortoletto, A.C., Carvalho, A.D.F., Pereira, A.S. (2018b). Effect of potassium sources on potato tuber yield

and chip quality. *Horticultura Brasileira*, 36, 395-398. DOI: <http://dx.doi.org/10.1590/S0102-053620180318>

Silva, G.O., Pereira, A.S., Carvalho, A.D.F., Azevedo, F.Q. (2019). Yield, frying quality, plant vigor, and maturity of potato clones. *Horticultura Brasileira*, 37, 095-100. DOI: <http://dx.doi.org/10.1590/S0102-053620190115>

Silva, G.O., Pereira, A.S., Azevedo, F.Q., Carvalho, A.F., Castro, C.M., Hirano, E. (2020). Seleção de clones canadenses de batata para caracteres agrônômicos e de qualidade de fritura, no Sul do Brasil. *Revista Latinoamericana de la Papa*, 24, 50-60. <https://doi.org/10.37066/ralap.v24i1.389>

Silva, G.O., Carvalho, A.D.F., Pereira, G.E., Ragassi, C.F., Bortoletto, A.C., Hirano, E., Pereira, A.S. (2021). Performance of potato clones for processing in subtropical and high-altitude tropical regions of Brazil. *Colloquium Agrariae*, 17, 66-78. <https://doi.org/10.5747/ca.2021.v17.n1.a421>

Vinson, J.A.†, Demkosky, C.H., Navarre, D.A., Smyda, M.A.† (2012). High-antioxidant potatoes: acute in vivo antioxidant source and hypotensive agent in humans after supplementation to hypertensive subjects. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 60, 6749-6754. DOI: [10.1021/jf2045262](https://doi.org/10.1021/jf2045262)

Wolter, D.D., Cima, F.F., Silva, T.A., Rohr, L.F., Lenz, E.A., Azevedo, F. Q., Pereira, A.S. (2017). Desempenho de clones de batata de polpa colorida quanto à qualidade industrial. *Revista da Jornada*

de Pós-Graduação e Pesquisa-Congrega Urcamp, 1160-1168.

Zhao, C.L., Guo, H.C, Dong, Z.Y., Zhao, Q. (2009). Pharmacological and nutritional activities of potato

anthocyanins. *African Journal of Pharmacy and Pharmacology*, 3, 463-468.

Zobel, R.W., Wright, M.J., Gauch, H.G. (1988). Statistical analysis of a yield trial. *Agronomy Journal*, 80, 388-393.