ORIGINAL ARTICLE

Carolina Mariane Moreira^{1*}
César Augusto Brasil Pereira Pinto¹
Guilherme Henrique Martins
Rodrigues Ribeiro¹
Otávio Luiz Gomes Carneiro²
Márcio Lisboa Guedes¹

¹ Universidade Federal de Lavras – UFLA,
Departamento de Biologia, Câmpus Universitário,
Caixa Postal 3037, CEP 37200-000, Lavras,
MG, Brasil.

² Universidade de São Paulo – ESALQ,
Departamento de Genética, Avenida Pádua Dias,
11, Caixa Postal 9, CEP 13418-900, Piracicaba,
SP, Brasil.

*Autor Correspondente:
E-mail: carolinammoreira@hotmail.com

PALAVRAS-CHAVE

Solanum tuberosum
Seleção de clones
Melhoramento genético

KEYWORDS

Solanum tuberosum
Clones selection
Breeding

Clones de batata tolerantes ao calor para diferentes segmentos de mercado

Heat tolerant potato clones for different market segments

RESUMO: A temperatura elevada é um dos principais fatores que dificultam o cultivo da batata em condições tropicais. Objetivou-se avaliar e selecionar clones de batata que associem tolerância ao calor e tubérculos de boa aparência para o mercado *in natura* e para o processamento industrial. Avaliaram-se clones oriundos de cruzamento entre cultivares de boa aparência de tubérculos e clones tolerantes ao calor. Utilizaram-se dados da segunda, terceira e quarta geração clonal (SGC, TGC e QGC). Os clones avaliados foram selecionados para o segmento *in natura* e segmento de indústria, além disso, foi tomada uma amostra aleatória de clones na população. Foram avaliados caracteres de produção total, produção de tubérculos graúdos, peso específico de tubérculos, produção de matéria seca por área e caracteres de aparência de tubérculos. O desempenho dos clones dos diferentes segmentos de mercado foi superior para produtividade total, produtividade de tubérculos graúdos e peso específico de tubérculos quando cultivados em temperaturas amenas (SGC) em relação ao cultivo sob estresse de temperatura (TGC e QGC). Para o segmento de indústria, identificaram-se quatro clones com bom potencial, que superaram os genitores tolerantes ao calor para todos os caracteres avaliados, em todas as condições de cultivo. Para o segmento *in natura*, destacaram-se três clones mais produtivos que as cultivares em todas as condições de cultivo. A seleção para clones tolerantes ao calor e responsivos à melhoria do ambiente se mostrou eficiente para a identificação de clones com caracteres agrônômicos, qualitativas e culinárias adequadas ao mercado *in natura* e para o processamento industrial.

ABSTRACT: Heat is one of the most important environmental factors that hinder the potato crop in tropical conditions. This study aimed to evaluate potato clones associating heat tolerance and good tuber appearance for the fresh market or for the industrial processing. We evaluated clones originated from crosses among commercial cultivars with good tuber appearance and heat tolerant. Data from the second, third, and fourth clonal generations (SCG, TCG, FCG) were used. The clones evaluated were selected to the fresh and industry segment; in addition we took a random sample of clones from the population. The following traits were evaluated: total tuber yield, yield of large tubers, tuber specific gravity, dry matter production per unit area, and tuber appearance. The performance of clones for the different market segments were superior for tuber yield, yield of large tubers, and specific gravity, when grown under cool temperatures (SCG) compared to the crop grown under heat stress (TCG and FCG). For the industry segment, four clones with good variety potential were identified, which overcame the tolerant parents for all traits in both growing conditions (cool and high temperatures). For the fresh market, three clones were more productive than the control cultivars in all growing conditions. We concluded that the selection of heat tolerant clones that respond favorably to cool temperature was effective to identify clones with favorable agronomic and qualitative traits, and adequate for the fresh market and industry.

1 Introdução

A cultura da batata tem origem nos Andes da Bolívia, perto do Lago Titicaca, uma região caracterizada por temperaturas amenas e altitude elevada. Foi introduzida na Europa e domesticada em condições também de temperaturas amenas de fotoperíodo longo. Desse modo, para a maioria dos genótipos, a produção de tubérculos é altamente sensível à elevação de temperatura (Birch et al., 2012). A temperatura é considerada o fator ambiental incontrolável mais importante para o desenvolvimento e produtividade em batata (Levy & Veilleux, 2007). Portanto, minimizar as perdas de produtividade ocasionadas por esse estresse abiótico é uma das principais estratégias para o cultivo da batata, especialmente nos trópicos.

A faixa de temperatura média ideal para a cultura da batata está entre 14 e 22 °C, sendo que a maioria das cultivares comerciais tuberiza melhor com temperaturas médias pouco acima de 15,5 °C (Levy & Veilleux, 2007). Assume-se que a cultura da batata se desenvolve melhor em ambientes com temperaturas médias entre 5 e 21 °C; em temperaturas inferiores a 5 °C, o risco de geadas à noite é grande e o desenvolvimento da planta é muito lento. Já em temperaturas médias diárias (dia e noite) acima de 21 °C, o calor é excessivo para o crescimento e desenvolvimento da cultura. Esse intervalo corresponde a uma temperatura média (dia e noite) na faixa de 15 e 27 °C (Haverkort & Verhagen, 2008).

Desde a sua introdução no Brasil por imigrantes europeus até os dias atuais, a maioria das cultivares de batata plantada no país ainda é oriunda de condições temperadas. Assim, estas cultivares sofrem com fatores que não foram considerados durante a seleção, como os efeitos adversos causados pelas temperaturas elevadas, menor comprimento do dia e ainda maior pressão de pragas e patógenos. Esse comportamento das cultivares temperadas exige que o melhoramento da batata para as condições brasileiras seja conduzido visando à readaptação a fotoperíodos mais curtos e temperaturas médias mais elevadas, além de necessitarem de maiores níveis de resistência a pragas e doenças (Pinto, 1999).

A tolerância ao estresse de calor é um caráter poligênico, difícil de ser trabalhado, principalmente no nível tetraploide. Contudo, a compreensão de respostas morfológicas, fisiológicas e moleculares a temperaturas elevadas pode contribuir para facilitar o desenvolvimento de metodologias e estratégias de melhoramento, visando aumentar a tolerância a esse estresse (Navarro et al., 2011; Levy & Veilleux, 2007).

O maior mercado de batata no Brasil ainda é *in natura*, sendo que a quantidade destinada para processamento é de aproximadamente 10%, com tendências que essa participação aumente nos próximos anos, considerando a mudança do perfil do consumidor brasileiro. O consumo brasileiro de batatas pré-fritas congeladas apresentou um aumento de seis vezes no período de 1997 a 2012, entretanto, a indústria nacional ainda não consegue suprir toda a demanda de batatas congeladas, necessitando de importações. Estima-se que até 2006 a quase totalidade da batata pré-frita congelada consumida no Brasil era importada (98%), já em 2012, após a criação de empresa nacional, a participação aumentou para aproximadamente 26% das batatas pré-fritas congeladas produzidas no país (Ramos et al., 2013).

Por diversos fatores, o consumo de batata processada industrialmente tem aumentado, enquanto o consumo *in natura* tem reduzido. O levantamento do IBGE apontou um aumento de 37% no consumo de batata pré-frita e redução de 24% no mercado *in natura* no período de 2002 a 2008 (Geraldini et al., 2011).

Para o mercado *in natura*, a preferência dos consumidores é por tubérculos com periderme lisa e brilhante, com coloração amarela, olhos rasos, formato oval-alongado e polpa creme (Hayashi, 2001). Os principais atributos para genótipos que se destinem ao processamento de batata *chips* e pré-frita são alto teor de matéria seca e baixos teores de açúcares redutores. Para palitos pré-fritos e *chips* são requeridos valores entre 20 e 24% de matéria seca (Zorzella et al., 2003), e teores de açúcares redutores geralmente abaixo de 0,035% da massa fresca para processamento na forma de *chips* e 0,12% quando processadas na forma de palitos (Stark et al., 2003).

O formato dos tubérculos deve ser redondo e a polpa de cor creme ou branca (*chips*), ou alongado e polpa de cor preferencialmente amarela (pré-fritas) (Müller et al., 2009). O teor de matéria seca é uma das características mais importantes para o processamento da batata na forma de palitos congelados ou rodela fritas, pois está diretamente relacionada com o rendimento industrial (menor absorção de óleo na fritura), que determina a obtenção de produtos processados mais econômicos e de melhor qualidade (textura). No conceito de batata para processamento, a pele é de pouca importância.

Diante deste cenário, os programas de melhoramento de batata no Brasil devem priorizar a obtenção de cultivares adaptadas às condições de cultivo do país (temperaturas mais elevadas), com maior vigor e capacidade produtiva, resistentes às principais pragas e doenças e menos exigentes em fertilizantes, visando reduzir os custos de produção, além de se adequar aos diversos tipos de preparo. A obtenção de cultivares tolerantes ao calor representaria um considerável aumento de produção nas atuais áreas de plantio, além de possibilitar a produção de matéria-prima de qualidade para a indústria de processamento de batata.

O objetivo foi avaliar e selecionar clones de batata que associem tolerância ao calor e tubérculos de boa aparência para o mercado *in natura* e, também, para o processamento industrial.

2 Material e Métodos

Para realização deste trabalho foram cruzados seis cultivares comerciais com oito clones do programa de melhoramento genético da batata da Universidade Federal de Lavras (PROBATATA-UFLA), sendo produzidas 22 famílias clonais. As cultivares Caesar, Cupido, Markies, Monalisa, Vivaldi e Voyager foram selecionadas por apresentarem boa aparência de tubérculos (isto é, pele amarelo-clara, lisa e brilhante, olhos rasos, formato alongado ou ovalado, livre de desordens internas ou externas). Os clones do PROBATATA CBM 04-48, CBM 07-78, CBM 16-16, CBM 22-19, SR1 07-16, SR2 21-02, SR2 35-05 e SR2 50-02 foram escolhidos por apresentarem tolerância ao calor (Lambert et al., 2006a; Benites & Pinto, 2011).

As sementes botânicas foram semeadas em bandejas de isopor e posteriormente as plântulas foram transplantadas para vasos plásticos com volume de 0,5 L, contendo substrato organomineral,

para produzir a geração *seedling* (GS). De cada família foram cultivadas aproximadamente 100 plântulas nesta geração, em casa de vegetação, durante a safra de inverno (março a julho de 2011). As plântulas foram cultivadas até aproximadamente 100 dias, e na colheita tomou-se um tubérculo de cada clone.

A primeira geração clonal (PGC) foi conduzida no período de novembro de 2011 a março de 2012 (safra das águas – temperaturas elevadas) na área experimental da EPAMIG em Pouso Alegre, MG, com altitude de 845 m. Para realização deste experimento, foram tomados 30 clones por família, divididos em três repetições, sendo as parcelas representadas por 10 clones de cada família, no delineamento de blocos casualizados, espaçados de $0,80 \times 0,50$ m. Como controles foram usadas as cultivares Caesar e Voyager e os clones tolerantes ao calor CBM 16-16 e CBM 22-19 (Lambert et al., 2006a).

No presente trabalho foram utilizados os dados obtidos na segunda, terceira e quarta geração clonal (SGC, TGC e QGC, respectivamente). Para condução do experimento SGC, utilizaram-se 20 clones tomados ao acaso de 22 famílias, totalizando 440 clones. Como controle utilizaram-se as cultivares Caesar e Voyager, e os clones tolerantes ao calor CBM 16-16 e CBM 22-19. O delineamento experimental foi blocos aumentados, com 20 blocos de 26 tratamentos em cada bloco, sendo 22 tratamentos regulares (clones) e quatro tratamentos comuns (controles). As parcelas foram constituídas de cinco plantas por clone espaçadas de $0,3 \times 0,8$ m entre linha. O experimento foi conduzido na fazenda experimental da EPAMIG, no município de Pouso Alegre (MG), durante a safra de inverno – temperaturas amenas (junho a outubro de 2012).

Dentre os 440 clones da SGC, foram selecionados 20 clones para o segmento *in natura* (clones com peso específico $< 1,077$, aparência geral com notas superiores aos controles e formato redondo-ovalado). Também foram selecionados 19 clones para o segmento de indústria de pré-fritas congeladas (clones com peso específico $> 1,077$ e formato tendendo para o alongado), além disso, foi tomada uma amostra aleatória de 20 clones na população (clones não selecionados).

Para condução dos experimentos da TGC e QGC, foram utilizados os clones selecionados para o segmento *in natura* e de indústria, e também os clones não selecionados, sete cultivares com boa aparência (Asterix, Caesar, Cupido, Markies, Monalisa, Vivaldi, Voyager) e oito clones tolerantes ao calor genitores dos clones do presente estudo, totalizando 74 tratamentos.

Os ensaios foram conduzidos no delineamento de blocos ao acaso com três repetições e parcelas constituídas de quatro plantas espaçadas de $0,3 \times 0,8$ m entre linha. A TGC foi conduzida no período de janeiro a maio de 2013 (safra da seca – temperaturas elevadas) na área experimental da EPAMIG em Pouso Alegre (MG). A QGC foi conduzida no período de dezembro de 2013 a abril de 2014 (safra da seca – temperaturas elevadas) em propriedade particular de produtor tradicional no cultivo da batata no município de Santa Rita de Caldas (MG) com altitude de 1434 m.

A adubação utilizada no plantio em todos os experimentos foi de 3500 kg ha^{-1} de fertilizante formulado 04-14-08 (N, P_2O_5 , K_2O) no plantio, e no momento da amontoa foi realizada a adubação de cobertura com 400 kg ha^{-1} de fertilizante formulado 20-05-20. O preparo de solo, o manejo de irrigação

e as pulverizações com defensivos foram realizados conforme a prática dos produtores na região.

Em todas as gerações foram avaliados os seguintes caracteres: produção total de tubérculos (g/planta); produção de tubérculos graúdos (diâmetro transversal acima de 45 mm; g/planta); peso específico de tubérculos, estimado por peso no ar/(peso no ar – peso na água); formato de tubérculos (nota 1 = redondo a nota 5 = alongado), profundidade de olhos (nota 1 = olhos profundos a nota 5 = olhos rasos), aparência geral (nota 1 = má aparência a nota 5 = boa aparência), aspereza da pele (nota 1 = pele áspera a nota 5 = pele lisa). Também foi estimada a produção de matéria seca por hectare, considerando que o peso específico dos tubérculos é altamente correlacionado com o teor de matéria seca (Schippers, 1976).

As temperaturas foram monitoradas em todas as gerações clonais, utilizando dados do Sistema Integrado de Dados Ambientais (SINDA), sendo que para os experimentos realizados em Pouso Alegre os dados foram coletados da Estação de Santa Rita do Sapucaí (MG), e para o experimento de Santa Rita de Caldas, coletaram-se os dados da Estação INB UTM PC03 (no próprio município).

Análises de variância e teste de agrupamento Scott-Knott (5%) foram efetuadas para todos os caracteres em cada geração, empregando o software R (R Development Core Team, 2008). Posteriormente, realizou-se a análise conjunta das gerações.

3 Resultados

As análises de variância revelaram que todos os caracteres avaliados, em todas as gerações, apresentaram diferenças significativas ($p < 0,05$), possibilitando diferenciar os genótipos. Na análise conjunta das gerações, a interação entre clones e gerações foi não significativa apenas para o caráter peso específico. Isto indica que os clones e os controles não apresentaram ranqueamento coincidente nas diferentes gerações para a maioria dos caracteres avaliados.

Para avaliar a precisão experimental foi utilizada a acurácia seletiva, que é uma medida da repetibilidade do desempenho dos clones nas diferentes repetições. Segundo Resende e Duarte (2007), acurácia acima de 0,7 é um indicativo de uma precisão aceitável. No presente trabalho, as estimativas de acurácia para todas as características avaliadas (exceto produção total de tubérculos na QGC e peso específico de tubérculos na SGC) foram superiores a 0,80.

Nas safras da seca (TGC e QGC) foram observadas temperaturas elevadas durante o período de tuberização (26 a 76 dias após o plantio), com temperaturas superiores a 20°C em mais da metade do período de cultivo (Figura 1). Pereira e Shock (2006) relatam que fatores climáticos exercem grandes influências nas três fases fenológicas da batata, sendo que na fase de tuberização seu início é mais lento em temperaturas acima de 20°C . Além do mais, os autores também afirmam que a partição de matéria seca para os tubérculos é altamente correlacionada com a temperatura, sendo que temperaturas entre 15 e 20°C são as melhores para o crescimento dos tubérculos. Já na safra de inverno (SGC), as condições foram mais favoráveis e as temperaturas permaneceram abaixo de 20°C na maior parte do período de cultivo.

Figura 1. Variação das temperaturas mínimas, médias e máximas registradas (dias após plantio – DAP) nas diferentes gerações clonais, A – Segunda geração clonal, B – Terceira geração clonal, C – Quarta geração clonal.

Figure 1. Variation in minimum, average and maximum temperatures (days after planting) in different clonal generations, A - second clonal generation, B - Third clonal generation, C - Fourth clonal generation.

O desempenho dos clones dos diferentes segmentos nas três gerações clonais para produção total, produção de tubérculos graúdos e peso específico de tubérculos foi melhor em condições de temperaturas amenas (SGC) em relação aos cultivados sob estresse de calor (TGC e QGC) (Tabela 1).

Em média, sob estresse de calor (TGC e QGC), os clones dos segmentos de indústria e *in natura* sofreram redução superior a 60% na produção total e produção de tubérculos graúdos. Para os genitores tolerantes ao calor, a redução média foi bem menor, aproximadamente 27%. A redução da produção para as cultivares e para os clones não selecionados foi em torno de 40%. Para o caráter peso específico dos tubérculos, a magnitude da redução foi semelhante para todos os tratamentos

(Tabela 1) e representou um decréscimo correspondente a 4% no conteúdo de matéria seca.

O desempenho dos clones dentro de cada ambiente, isto é, temperaturas amenas (SGC) e estresse de calor (TGC e QGC), apresentou diferenças significativas para todos os caracteres. Sob temperaturas amenas, os clones dos segmentos *in natura* e indústria apresentaram as maiores produções, superando as cultivares em mais de 80%. Os clones não selecionados apresentaram ligeira superioridade em relação às cultivares (9%). Já quando se compara a produção dos clones selecionados com a dos clones não selecionados, observa-se uma superioridade próxima a 70% para produção total e de 100% quando se consideram os tubérculos graúdos. Os clones dos segmentos *in natura* e indústria, em média, também superaram os genitores tolerantes ao calor em condições favoráveis de cultivo (SGC) em mais de 60%. Ainda sob temperaturas amenas, observou-se que o peso específico de tubérculos foi superior para os clones do segmento de indústria e para os genitores tolerantes ao calor, em relação aos demais grupos (Tabela 1).

Para a TGC e QGC, que foram cultivadas sob altas temperaturas, o comportamento dos grupos de clones foi diferente daquele observado em condições mais favoráveis de cultivo. Por exemplo, os genitores tolerantes ao calor superaram a produtividade total dos clones dos segmentos *in natura* e indústria em cerca de 15%, mas a superioridade se elevou para 90% em relação às cultivares. No caso de produção de tubérculos graúdos, esses valores foram ainda maiores. De modo semelhante, o comportamento dos clones dos segmentos *in natura* e indústria também foi superior às cultivares (Tabela 1).

Em relação ao peso específico dos tubérculos, sob temperaturas mais altas, sobressaíram os genitores tolerantes ao calor e os clones do segmento de indústria. Contudo, mesmo esses clones apresentaram valores de peso específico de tubérculos abaixo do que é considerado ideal pelas indústrias de processamento ($\geq 1,072$) (Tabela 1). As cultivares apresentaram as menores médias para esse caráter por serem materiais destinados ao consumo *in natura* e também por não serem adaptados ao calor. Exceção entre as cultivares é Markies, que possui boa tolerância ao calor e atende ao segmento de indústria de pré-fritas congeladas (Figueiredo et al., 2011).

Dentro de cada grupo de clones (não selecionados, segmento de indústria e *in natura*) ocorreu ampla variação entre os clones para todos os caracteres e em todas as gerações. A produção total variou de 122 g/planta (QGC) a 2050 g/planta (SGC), enquanto para a produção de tubérculos graúdos a variação foi de 0 g/planta (QGC) a 1750 g/planta (SGC). Para o peso específico de tubérculos, os valores variaram de 1,043 (QGC) a 1,090 (SGC).

Dentro do segmento de indústria foram identificados quatro clones (Tabela 1) com bom potencial e que superaram os genitores tolerantes ao calor para todos os caracteres e em todas as gerações. Estimando a produção de matéria seca por área, considerando uma densidade populacional de 40 mil plantas ha^{-1} e a produção de tubérculos graúdos, esses clones do segmento de indústria, foram semelhantes ao clone tolerante ao calor (CBM 16-16) (Tabela 2). O clone GMR 03-40 foi o mais produtivo em condições de temperaturas amenas (SGC), mas sofreu a maior redução na produção de matéria seca sob temperaturas elevadas (TGC).

Tabela 1. Médias gerais e de clones selecionados em cada segmento de mercado para produção total de tubérculos (g/planta), produção de tubérculos graúdos (g/planta) e peso específico de tubérculos em diferentes condições de cultivo. 2015.

Table 1. General means and means of selected clones for each market segment for total tuber yield, yield of large tubers, and tuber specific gravity in different growing conditions, 2015.

GRUPOS DE CLONES	PRODUÇÃO TOTAL (g/planta)						PRODUÇÃO DE GRAÚDOS (g/planta)						PESO ESPECÍFICO					
	Temperaturas amenas			Estresse de calor			Temperaturas amenas			Estresse de calor			Temperaturas amenas			Estresse de calor		
	SGC	TGC	QGC	SGC	TGC	QGC	SGC	TGC	QGC	SGC	TGC	QGC	SGC	TGC	QGC			
Clones selecionados																		
Indústria	2050,00	a	725,00	b	688,67	a	1750,00	a	404,17	c	555,33	a	1,0835	b	1,0561	b	1,0533	c
Indústria	980,00	g	839,58	b	491,67	a	720,00	f	601,39	b	308,33	a	1,0831	b	1,0627	a	1,0700	a
Indústria	1170,00	e	1086,11	a	522,00	a	810,00	e	880,56	a	338,66	a	1,0813	c	1,0664	a	1,0533	c
Indústria	870,00	e	729,17	b	391,67	b	800,00	e	562,50	b	555,33	a	1,0784	d	1,0713	a	1,0533	c
Mesa	1150,00	e	952,78	d	527,67	a	920,00	d	783,33	a	341,66	a	1,0784	d	1,0626	a	1,0533	c
Mesa	1000,00	g	834,72	b	416,67	b	725,00	f	597,22	b	241,66	a	1,0742	e	1,0559	b	1,0600	b
Mesa	1240,00	d	1209,72	a	537,33	a	900,00	d	900,00	a	354,00	a	1,0706	f	1,0662	a	1,0533	c
Clones não selecionados	664,38	B	398,54	C	377,35	B	430,38	B	230,56	B	178,26	B	1,0743	B	1,0595	B	1,0513	C
Cultivares	611,12	B	318,84	D	410,71	A	372,27	B	160,51	D	202,95	B	1,0714	B	1,0584	B	1,0523	C
Mesa	1100,04	A	535,93	B	348,55	B	835,33	A	336,04	C	197,15	B	1,0733	B	1,0608	B	1,0511	C
Indústria	1147,41	A	509,90	B	412,50	A	907,37	A	335,16	C	248,59	A	1,0803	A	1,0654	A	1,0568	B
Genitores tolerantes	692,87	B	605,03	A	408,58	A	503,02	B	420,13	A	312,92	A	1,0781	A	1,0643	A	1,0595	A
	843,16		479,05		379,12		609,67		299,79		208,70		1,0754		1,0618		1,0536	

Médias seguidas de letras iguais na coluna pertencem ao mesmo grupo, de acordo com o teste de Scott Knott a 5% de probabilidade do erro. Em cada geração clonal, letras minúsculas representam o teste entre os clones e letras maiúsculas o teste entre grupos de clones

Por outro lado, os clones GMR 02-34 e GMR 13-48 superaram o clone tolerante ao calor (CBM 16-16) em cerca de 10%, em valores absolutos, sob temperaturas amenas, mas acima de 57% e 135%, respectivamente, sob temperaturas elevadas (Tabela 2). Assim, estes clones demonstraram maior tolerância ao calor e melhor responsividade às temperaturas amenas que controle.

Dentre os clones selecionados para o segmento *in natura*, destacaram-se três (Tabela 1), que foram mais produtivos que as cultivares comerciais (controles) em todas as gerações. Além disso, esses clones apresentaram peso específico de tubérculos mais elevados, demonstrando maior conteúdo de matéria seca nos tubérculos. No caso do mercado *in natura*, a aparência dos tubérculos é uma característica de grande relevância. Os clones selecionados para esse segmento apresentaram notas médias que foram semelhantes ou superiores aos controles (Tabela 3). O formato do tubérculo tendeu para oval-alongado, a pele lisa e os olhos rasos.

4 Discussão

A tolerância ao calor é um caráter complexo em que ocorrem inúmeras interações entre fatores morfológicos, fisiológicos e bioquímicos (Levy & Veilleux, 2007; Wahid et al., 2007). Não há um caráter único que possa ser utilizado para classificar um clone como tolerante ou sensível ao estresse de calor, embora Wahid et al. (2007) considerem que a tolerância ao calor seja a capacidade de a planta crescer e apresentar um rendimento econômico sob altas temperaturas. Contudo, Levy et al. (1991) empregaram a relação entre a produção de tubérculos em condição de calor e a produção em condições de temperaturas amenas para avaliar a tolerância a esse estresse abiótico.

Por esse critério, quanto maior a produção relativa, maior o nível de tolerância. Porém, essa metodologia favorece genótipos com baixo potencial produtivo em condições de temperaturas amenas. Desse modo, o critério utilizado neste trabalho foi aquele descrito por Lambert et al. (2006b), que consideram o clone como tolerante aquele que tem uma produção superior à média experimental tanto em condições de calor quanto sob temperaturas amenas. Esses clones são classificados como tolerantes ao calor e responsivos às temperaturas mais amenas.

De forma semelhante, Mandal et al. (2010), trabalhando com arroz, salientaram que quando a interação genótipo x ambientes é evidente, como ocorreu no presente trabalho, uma estratégia seria tomar como referência a média dos ambientes favoráveis e desfavoráveis. Isto de fato foi observado por Lambert et al. (2006b) para produção de tubérculos, porcentagem de tubérculos graúdos e peso específico de tubérculos. Estes autores demonstraram que os clones selecionados com base na média dos ambientes superaram os clones selecionados apenas nos ambientes favoráveis ou desfavoráveis.

Na Tabela 1, observa-se que os clones selecionados dos segmentos de indústria e *in natura* superaram a média experimental tanto na SGC (temperaturas amenas) quanto na TGC (temperaturas mais elevadas), ou seja, ao realizar a associação entre tolerância ao calor e responsividade, foi possível identificar genótipos que tiveram médias superiores quando submetidos ao estresse de temperatura, e que respondem muito bem à melhoria do ambiente. A seleção de clones tolerantes e responsivos às melhorias na temperatura, ou de adaptação ampla, parece ser a melhor estratégia, pois possibilita a obtenção de clones que suportam as oscilações do ambiente.

Tabela 2. Produção de matéria seca (MS) dos tubérculos dos clones selecionados do segmento de indústria e do controle tolerante ao calor em temperaturas amenas (SGC) e estresse de calor (TGC). 2015.

Table 2. Production of tuber dry matter (MS) of selected clones for the industry segment and the heat tolerant control under mild temperatures (SGC) and heat stress (TGC), 2015.

Clones	Produção MS (t ha ⁻¹)		
	Temperaturas amenas (SGC)	Estresse de calor (TGC)	Redução (%)
GMR 02-34	6,8 B	4,4 B	35
GMR 03-40	15,7 A	2,7 C	83
GMR 12-08	6,4 B	4,3 B	33
GMR 13-48	7,1 B	6,6 A	07
CBM 16-16	6,3 B	2,8 C	56

Médias seguidas de letras iguais na coluna pertencem ao mesmo grupo, de acordo com o teste de Scott Knott a 5% de probabilidade do erro.

Tabela 3. Médias dos caracteres de aparência de tubérculos dos clones do segmento *in natura* (M) e das cultivares controle (C). 2015.

Table 3. Means for tuber appearance for the fresh market for clones (M) and control cultivars (C), 2015.

MÉDIA GERAL DAS GERAÇÕES CLONAIAS					
TIPO	GENÓTIPOS	FORMATO	PELE	OLHO	APARÊNCIA GERAL
M	GMR05-01	3,29 C	4,30 A	3,45 B	2,72 A
M	GMR08-22	4,00 A	3,56 B	4,44 A	3,39 A
M	GMR17-40	3,78 B	3,56 B	4,00 A	3,22 A
C	CAESAR	3,53 B	3,87 A	4,09 A	2,14 B
C	VOYAGER	3,36 B	3,91 A	4,12 A	2,28 B

Médias seguidas de letras iguais na coluna pertencem ao mesmo grupo, de acordo com o teste de Scott Knott a 5% de probabilidade do erro.

Para os clones não selecionados, observou-se uma inferioridade das médias, para todos os caracteres, em relação à média geral do experimento. Quando se compara o comportamento dos clones não selecionados com o das cultivares, observa-se que em condições de temperaturas mais elevadas, os clones não selecionados se destacam em produção total de tubérculos. Provavelmente, isso ocorreu devido à sua melhor adaptação, pois eles possuem em sua genealogia clones que já haviam sido selecionados para condições ambientais semelhantes àquelas encontradas neste experimento (Tabela 1).

Na QGC observou-se uma redução significativa na produção total, de tubérculos graúdos e peso específico de tubérculos. Esse resultado provavelmente ocorreu em função não apenas de temperaturas mais elevadas, mas também devido à epidemia de requeima (*Phytophthora infestans*) na lavoura, uma vez que o ensaio foi conduzido em campo de produtor próximo a plantios comerciais instalados antes do presente trabalho. Dessa forma, houve grande pressão de inóculo no experimento e a doença não pôde ser controlada eficientemente, mesmo com pulverizações semanais. Assim, os clones não expressaram todo o seu potencial produtivo, pois houve redução do ciclo vegetativo, comprometendo a produção de tubérculos e o acúmulo de matéria seca.

A eficiência da seleção pode ser avaliada comparando-se a média dos clones selecionados em cada segmento com a média dos clones não selecionados (Tabela 1) e que representam toda a população onde a seleção foi praticada. Os sete clones destacados (Tabela 1) superaram os clones não selecionados em todos os caracteres e também nas diferentes condições de temperaturas (SGC e TGC).

O consumidor brasileiro é muito exigente quanto à aparência de tubérculos para o mercado *in natura*. Existe preferência por batata com periderme lisa e brilhante, com coloração amarela, olhos rasos, formato oval-alongado e polpa creme, ou seja, com boa aparência (Hayashi, 2001). A seleção dos clones empregada neste trabalho para segmento *in natura* permitiu identificar genótipos de interesse comercial, dentro das exigências citadas (Tabela 3). Além do mais, os clones selecionados apresentaram peso específico mediano, aproximadamente 1,075, que possibilita o multiuso, isto é, cozimento, preparo de massas, fritura etc.

Dentre os caracteres que influenciam a qualidade de tubérculos para a industrialização, os teores de matéria seca e de açúcares redutores estão associados ao rendimento e à qualidade do produto processado, por determinarem a absorção de gordura durante a fritura, a textura e o sabor do produto final (Feltran et al., 2004), refletindo em menor custo para a indústria e aumentando a qualidade final.

Os clones selecionados para o segmento de indústria apresentaram um desempenho, para produção de matéria seca ha⁻¹, semelhante ao clone tolerante ao calor CMB 16-16 em condições de temperaturas amenas. Porém, pode-se notar que as altas temperaturas verificadas na TGC (Figura 1) contribuíram para reduzir o teor de matéria seca dos tubérculos, sendo que os clones selecionados para o segmento de indústria prevaleceram com as maiores médias. Essa redução no teor de matéria seca por área também foi observada por Molahlehi et al. (2013).

Os clones selecionados para o segmento de indústria apresentaram médias altas quando comparados com os demais clones para produção de matéria seca. É importante ressaltar

que, além de selecionar clones com altos teores de matéria seca de tubérculo é importante que esses também apresentem, simultaneamente, alta produtividade de tubérculos graúdos, resultando em clones com alta produção de matéria seca por área.

5 Conclusões

A seleção para clones tolerantes ao calor e responsivos à melhoria do ambiente se mostrou eficiente para a identificação de 4 clones (GMR03-40, GMR12-08, GMR13-48, GMR02-34) com características agrônômicas, qualitativas e culinárias adequadas ao processamento industrial e 3 clones (GMR05-01, GMR08-22, GMR17-40) para o mercado *in natura*.

Referências

- BENITES, F. R. G.; PINTO, C. A. B. P. Genetic gains for heat tolerance in potato in three cycles of recurrent selection. *Crop Breeding and Applied Biotechnology*, v. 11, n. 2, p. 133-140, 2011. <http://dx.doi.org/10.1590/S1984-70332011000200005>.
- BIRCH, P. R. J.; BRYAN, G.; FENTON, B.; GILROY, E. M.; HEIN, I.; JONES, J. T.; PRASHAR, A.; TAYLOR, M. A.; TORRANCE, L.; TOTH, I. K. Crops that feed the world 8: potato: are the trends of increased global production sustainable? *Food Security*, v. 4, n. 4, p. 477-508, 2012. <http://dx.doi.org/10.1007/s12571-012-0220-1>.
- FELTRAN, J. C.; LEMOS, L. B.; VIEITES, R. L. Technological quality and utilization of potato tubers. *Scientia Agricola*, v. 61, n. 6, p. 593-597, 2004. <http://dx.doi.org/10.1590/S0103-90162004000600006>.
- FIGUEIREDO, P. G.; TANAMATI, F. Y.; MARTINS, D.; BICUDO, S. J.; CURCELLI, F. Cultivares, qualidade de tubérculos e comercialização da batata no Brasil. *Revista Raízes e Amidos Tropicais*, v. 7, p. 42-52, 2011.
- GERALDINI, F.; JULIÃO, L.; BORGATO, E. Procuram-se agroindústrias. *Hortifruti Brasil*, ano 10, n. 104, p. 8, 2011.
- HAYASHI, P. Variedade cupido: nova opção para mercado fresco. *Revista Batata Show*, v. 1, n. 3, p. 14, 2001.
- HAVERKORT, A. J.; VERHAGEN, A. Climate change and its repercussions for the potato supply chain. *Potato Research*, v. 51, n. 3-4, p. 223-237, 2008. <http://dx.doi.org/10.1007/s11540-008-9107-0>.
- LAMBERT, E. S.; PINTO, C. A. B. P.; MENEZES, C. B. Potato improvement for tropical conditions: I. Analysis of stability. *Crop Breeding and Applied Biotechnology*, v. 6, n. 2, p. 129-135, 2006a. <http://dx.doi.org/10.12702/1984-7033.v06n02a03>.
- LAMBERT, E. S.; PINTO, C. A. B. P.; MENEZES, C. B. Potato improvement for tropical conditions: II. Selection indices and efficiency of indirect selection. *Crop Breeding and Applied Biotechnology*, v. 6, n. 3, p. 185-193, 2006b. <http://dx.doi.org/10.12702/1984-7033.v06n03a01>.
- LEVY, D.; KASTENBAUM, E.; ITZHAK, Y. Evaluation of parents and selection for heat tolerance in the early generations of a potato (*Solanum tuberosum* L.) breeding program. *TAG. Theoretical and Applied Genetics. Theoretische und Angewandte Genetik*, v. 82, n. 2, p. 130-136, 1991. <http://dx.doi.org/10.1007/BF00226203>. PMID:24213056.

- LEVY, D.; VEILLEUX, R. E. Adaptation of potato to high temperatures and salinity: a review. *American Journal of Potato Research*, v. 84, n. 6, p. 487-506, 2007. <http://dx.doi.org/10.1007/BF02987885>.
- MANDAL, N. P.; SINHA, P. K.; VARIAR, M.; SHUKLA, V. D.; PERRAJU, P.; MEHTA, A.; PATHAK, A. R.; DWIVEDI, J. L.; RATHI, S. P. S.; BHANDARKAR, S.; SINGH, B. N.; SINGH, D. N.; PANDA, S.; MISHRA, N. C.; SINGH, Y. V.; PANDYA, R.; SINGH, M. K.; SANGER, R. B. S.; BHATT, J. C.; SHARMA, R. K.; RAMAN, A.; KUMAR, A.; ATLIN, G. Implications of genotype $\times$ input interactions in breeding superior genotypes for favorable and unfavorable rainfed upland environments. *Field Crops Research*, v. 118, n. 2, p. 135-144, 2010. <http://dx.doi.org/10.1016/j.fcr.2010.05.004>.
- MOLAHLEHI, L.; STEYN, J. M.; HAVERKORT, A. J. Potato crop response to genotype and environment in a subtropical highland agro-ecology. *Potato Research*, v. 56, n. 3, p. 237-258, 2013.
- MÜLLER, D. R.; BISOGNIN, D. A.; ANDRIOLO, J. L.; MORIN JUNIOR, G. R.; GNOCATO, F. S. Expressão dos caracteres e seleção de clones de batata nas condições de cultivo de primavera e outono. *Ciência Rural*, v. 39, n. 5, p. 1227-1334, 2009. <http://dx.doi.org/10.1590/S0103-84782009005000078>.
- NAVARRO, C.; ABELENDA, J. A.; CRUZ-ORÓ, E.; CUÉLLAR, C. A.; TAMAKI, S.; SILVA, J.; SHIMAMOTO, K.; PRAT, S. Control of flowering and storage organ formation in potato by FLOWERING LOCUS T. *Nature*, v. 478, n. 7367, p. 119-122, 2011. <http://dx.doi.org/10.1038/nature10431>. PMID:21947007.
- PEREIRA, A. B.; SHOCK, C. C. C. A review of agrometeorology and potato production. In: STIGNER, K. (Ed.). *Guide to agricultural meteorological practices (GAMP)*. Switzerland: INSAM, 2006, cap. 13E, p. 1-39.
- PINTO, C. A. B. P. Melhoramento genético da batata. *Informe Agropecuário*, v. 20, n. 197, p. 120-128, 1999.
- RAMOS, R. M.; SILVA, A. R.; DUMBRA, J. G. R. O aquecido mercado dos vegetais congelados – Brasil tem grande potencial pra expandir a indústria nacional. *Hortifruti Brasil*, ano 11, n. 122, p. 8-21, 2013.
- RESENDE, M. D. V.; DUARTE, J. B. Precisão e controle de qualidade em experimentos de avaliação de cultivares. *Pesquisa Agropecuária Tropical*, v. 37, n. 3, p. 182-194, 2007.
- R DEVELOPMENT CORE TEAM. *R: a language and environment for statistical computing*. Vienna: R Foundation for Statistical Computing, 2008.
- SCHIPPERS, P. A. The relationship between specific gravity and percentage of dry matter in potato tubers. *American Potato Journal*, v. 53, n. 4, p. 111-122, 1976. <http://dx.doi.org/10.1007/BF02854115>.
- STARK, J. C.; OLSEN, N.; KLEINKOPF, G. E.; LOVE, S. L. Tuber quality. In: STARK, J. C.; LOVE, S. L. (Eds.). *Potato Production Systems*. Aberdeen: University of Idaho, p. 329-343, 2003.
- WAHID, A.; GELANI, S.; ASHRAF, M.; FOOLAD, M. R. Heat tolerance in plants: an overview. *Environmental and Experimental Botany*, v. 61, n. 3, p. 199-223, 2007. <http://dx.doi.org/10.1016/j.envexpbot.2007.05.011>.
- ZORZELLA, C. A.; VENDRUSCOLO, J. L. S.; TREPTOW, R. O.; ALMEIDA, T. L. Caracterização física, química e sensorial de genótipos de batata processados na forma de chips. *Brazilian Journal of Food Technology*, v. 6, n. 1, p. 15-24, 2003.

Contribuição dos autores: Carolina Mariane Moreira realizou os experimentos e a escrita científica; César Augusto Brasil Pereira Pinto contribuiu com a realização dos experimentos e a escrita científica; Guilherme Henrique Martins Rodrigues Ribeiro Pinto contribuiu com a realização dos experimentos e com a revisão ortográfica e gramatical dos trabalhos; Otávio Luiz Gomes Carneiro contribuiu com a realização dos experimentos e Márcio Lisboa Guedes contribuiu com a realização dos experimentos.

Agradecimentos: À EPAMIG.

Fonte de financiamento: Capes, Fapemig e CNPq.

Conflito de interesse: Os autores declaram não haver conflito de interesse.