



ALBANIA JOSÉ PATIÑO TORRES

**AVANÇOS NO PROGRAMA DE
MELHORAMENTO DE BATATA DA UFLA
VISANDO TOLERÂNCIA AO CALOR**

LAVRAS-MG

2016

ALBANIA JOSÉ PATIÑO TORRES

**AVANÇOS NO PROGRAMA DE MELHORAMENTO DE BATATA DA
UFLA VISANDO TOLERÂNCIA AO CALOR**

Dissertação apresentada à Universidade Federal de Lavras, como parte das exigências do Programa de Pós-Graduação em Genética e Melhoramento de Plantas para a obtenção do título de Mestre.

Orientador

Dr. César Augusto Brasil Pereira Pinto

LAVRAS-MG

2016

**Ficha catalográfica elaborada pelo Sistema de Geração de Ficha Catalográfica da Biblioteca
Universitária da UFLA, com dados informados pelo(a) próprio(a) autor(a).**

Patiño Torres, Albania José.

Avanços no programa de melhoramento de batata da UFLA
visando tolerância ao calor / Albania José Patiño Torres. – Lavras :
UFLA, 2016.

70 p. : il.

Dissertação (mestrado acadêmico)–Universidade Federal de
Lavras, 2016.

Orientador(a): César Augusto Brasil Pereira Pinto.

Bibliografia.

1. Estresse abiótico. 2. Melhoramento genético de plantas. 3.
Solanum tuberosum. I. Universidade Federal de Lavras. II. Título.

O conteúdo desta obra é de responsabilidade do(a) autor(a) e de seu orientador(a).

ALBANIA JOSÉ PATIÑO TORRES

**AVANÇOS NO PROGRAMA DE MELHORAMENTO DE BATATA DA
UFLA VISANDO TOLERÂNCIA AO CALOR**

Dissertação apresentada à Universidade Federal de Lavras, como parte das exigências do Programa de Pós-Graduação em Genética e Melhoramento de Plantas para a obtenção do título de Mestre.

APROVADA em 07 de março de 2016.

Dr. Joaquim Gonçalves de Pádua EPAMIG

Dr. João Cândido de Souza UFLA

Orientador

Dr. César Augusto Brasil Pereira Pinto

LAVRAS-MG

2016

Dedicado às crianças da nossa América. Àquelas
que, só por enquanto, padecem o flagelo da
desnutrição.

“Gente é para brilhar, não para morrer de fome”
(C. Veloso)

AGRADECIMENTOS

À minha família pelo amor e compreensão, mesmo renunciando a tantas coisas, faz já tantos anos. Por me lembrar dos motivos importantes para seguir em frente.

À Esmeralda Torres, pela gestação e a educação verdadeira.

Aos grandes amigos, por demonstrar-me que não há distância dentro do coração.

Aos professores, funcionários e pessoal administrativo do DBI; pelo apoio diário durante estes dois anos.

Aos colegas do programa de Pós-Graduação em Genética e Melhoramento de Plantas, pela paciência, companheirismo e bom exemplo.

Ao grupo de pesquisa, os batateiros, por me ensinar o poder do trabalho em equipe.

Ao professor César, pela orientação, por me dar liberdade para testar meus limites, por me tirar da zona de conforto e me estimular com o exemplo.

À Organização de Estados Americanos (OEA), ao Grupo Coimbra de Universidades Brasileiras, à Universidade Federal de Lavras e ao Programa de Pós-Graduação em Genética e Melhoramento de Plantas, pela oportunidade de realizar este mestrado.

À CAPES, pela bolsa concedida; e ao CNPq, pelos recursos para as atividades de pesquisa.

Àqueles que me acolheram na chegada, que me aproximaram dos hábitos brasileiros, que me acompanharam nesta fase... de coração: Muito obrigada!

"Do. Or do not. There is no try"
(Faça. Ou não faça. Não existe a tentativa)

"Impossible to see the future is"
(Impossível de ver o futuro é)

"Many of the truths that we cling to depend on our point of view"
(Muitas das verdades que temos dependem de nosso ponto de vista)

"Train yourself to let go of everything you fear to lose"
(Treine a si mesmo a deixar partir tudo que teme perder)

"In a dark place we find ourselves and a little more knowledge lights our way"
(Em um lugar escuro nos encontramos e um pouco mais de conhecimento ilumina nosso caminho)

"Always pass on what you have learned"
(Sempre passar o que você aprendeu)

"May the Force be with you"
(Que a Força esteja com você)

George Lucas

RESUMO

A batata (*Solanum tuberosum* L.) é uma das hortaliças mais importantes no mundo e é cultivada sob condições de clima temperado, subtropical e tropical. Quase a totalidade da área plantada no Brasil utiliza batata semente de cultivares desenvolvidas em países de clima temperado, acarretando desempenho produtivo inferior ao potencial devido à influência das condições ambientais, principalmente no referente à temperatura. Portanto, o melhoramento genético visando a obtenção de cultivares mais adaptadas ao calor é fundamental para esta cultura em regiões tropicais. Este trabalho visou avaliar os avanços alcançados para tolerância ao calor no programa de melhoramento genético de batata da Universidade Federal de Lavras (UFLA) no período 1996-2016 e simultaneamente, procurou identificar clones com melhor desempenho que as cultivares comerciais nos diversos segmentos de mercado, tanto em condições de estresse de calor como sob temperaturas amenas. Para isso, se realizaram quatro experimentos em diferentes condições de temperatura, em que foram avaliados 57 clones da UFLA e cinco cultivares como testemunhas: Agata, Asterix, Atlantic, Cupido e Markies. Foram avaliados os seguintes caracteres: produtividade de tubérculos, produtividade de tubérculos graúdos, matéria seca, ciclo vegetativo, porcentagem de tubérculos embonecados e/ou rachados, período de enchimento dos tubérculos e componentes da aparência geral. A avaliação da estabilidade dos genótipos, assim como a discriminação entre ambientes foi realizada utilizando o método GGE -Biplot (*Genotype and Genotype-Environment Interaction*). Concluiu-se que o programa de melhoramento genético de batata da UFLA visando à tolerância ao calor tem gerado clones superiores às cultivares comerciais para os diversos segmentos de mercado, tanto em condições de estresse de calor como sob temperaturas amenas. Foram identificados vinte clones tolerantes e responsivos para produtividade de tubérculos, teor de matéria seca e aparência geral. Dos melhores vinte clones com tolerância ao calor dois são indicados para o mercado do tubérculo *in natura* (mesa), quatro para o processamento industrial na forma de palitos pré-fritos e sete para chips.

Palavras-chave: Estresse abiótico. Melhoramento genético de plantas. *Solanum tuberosum*.

ABSTRACT

The potato (*Solanum tuberosum* L.) is one of the most important vegetable in the world and is cultivated in temperate, subtropical and tropical climates. Practically all planted area in Brazil uses seed potato of cultivars from temperate countries, causing low performance particularly due to higher temperatures. Therefore, genetic improvement aimed at obtaining cultivars more adapted to heat stress is essential for this crop in tropical regions. The purpose of this study was to assess the heat tolerance progress in the potato breeding program of the Federal University of Lavras (UFLA) in the period 1996-2016 and to identify clones with better performance than the commercial cultivars for the diverse market segments, both under heat stress and under cool temperatures. Four experiments were planted under different temperature regimes, which assessed 57 clones from UFLA's potato breeding program to heat tolerance and five control cultivars: Agata, Asterix, Atlantic, Cupido and Markies. The following traits were evaluated: tuber yield, large tubers yield, tuber dry matter content, duration of the vegetative cycle, percentage of tubers with second-growth and/or cracks, tuber bulking period and general tuber appearance. The evaluation of genotypes stability as well as the discrimination between environments was performed using GGE-Biplot (Genotype and Genotype-Environment Interaction) method. In conclusion, the UFLA's potato breeding program aiming to heat tolerance has generated clones better than commercial cultivars for the different market segments, both under heat stress conditions and cool temperatures. Twenty clones showing heat tolerance and responsiveness to cool temperatures were identified for tuber yield, dry matter content and general tuber appearance; two for the table market, four for the frozen french-fries market and seven for potato chips.

Key-words: Abiotic stress. Plant breeding. *Solanum tuberosum*.

SUMÁRIO

1	INTRODUÇÃO	10
2	REFERENCIAL TEÓRICO	12
2.1	Importância da cultura da batata	12
2.2	Influência do calor na cultura da batata	14
2.3	Melhoramento genético da batata visando a tolerância ao calor	19
2.4	Obtenção de clones tolerantes ao calor no Programa de Melhoramento da UFLA	23
3	MATERIAL E MÉTODOS	27
3.1	Material genético	27
3.2	Local e condução dos experimentos	29
3.3	Análises estatísticas e processamento de dados	31
4	RESULTADOS	34
4.1	Varição térmica entre os experimentos de campo	34
4.2	Análise de variância dos resultados obtidos nos experimentos de campo	35
4.3	Discriminação ambiental pelo método GGE-BIPLLOT	39
4.4	Desempenho dos clones sob diferentes condições ambientais	42
5	DISCUSSÃO	49
6	CONCLUSÃO	54
	REFERÊNCIAS	55
	APÊNDICES	63

1 INTRODUÇÃO

As cultivares de batata amplamente utilizadas no mundo foram desenvolvidas no hemisfério Norte, sob clima temperado, onde apresentam bom desempenho e fazem com que em alguns países a produtividade supere as 45 t ha⁻¹. Porém, no clima tropical a produtividade dessas mesmas cultivares é baixa, fazendo com que o Brasil tenha rendimento médio de 27,8 t ha⁻¹ (FAO, 2015). A menor produtividade se deve, em parte, à influência das altas temperaturas e do fotoperíodo mais curto que também reduz o teor de matéria seca dos tubérculos e afetam a sua aparência (HAVERKORT; VERHAGEN, 2008).

Um dos componentes da aparência dos tubérculos é a textura da periderme; a qual pode variar de lisa e brilhante a áspera e totalmente sem brilho (LEPRE, 2009). O arranjo dos tecidos da periderme é alterado sob altas temperaturas e com isso prejudica-se a textura da pele. Nessas condições ocorrem fissuras na superfície dos tubérculos e crescimento secundário ou “embonecamento” (GINZBERG et al., 2005). Essas desordens fisiológicas depreciam o produto para o mercado *in natura*, inviabilizam a sua aceitação no mercado e resultam em maiores perdas durante o processamento (FIGUEIREDO et al., 2015). Portanto, o melhoramento genético visando à obtenção de cultivares mais adaptadas ao calor é fundamental para a cultura de batata no contexto mineiro, brasileiro e latino americano (PINTO et al., 2010).

Para aumentar a produtividade nas regiões tropicais os melhoristas devem procurar níveis elevados de tolerância ao estresse abiótico. Nesse sentido, o melhoramento de batata para tolerância ao calor na Universidade Federal de Lavras (UFLA) iniciou em 1994 com a introdução de clones do *Centro Internacional de la Papa* (CIP), liberados como tolerantes ao calor (Low Tropic: LT7, LT8, LT9 e DTO 28). Esses clones foram avaliados em condições de

temperatura alta no Sul de Minas Gerais com o objetivo de serem utilizados em cruzamentos futuros (MENEZES et al., 1999).

Conjuntamente com os clones do CIP foram usados clones e cultivares brasileiras para gerar uma população base, com a qual se iniciou o processo de seleção recorrente que tem continuado até hoje. Os clones obtidos ao longo de todos esses anos vêm sendo avaliados e discriminados por meio da tolerância ao calor, desempenho agrônomico e aparência, nas safras de inverno e das águas no Sul de Minas Gerais (BENITES; PINTO, 2011).

Todo programa de melhoramento genético deve ser avaliado periodicamente, visando quantificar sua eficácia e identificar estratégias para continuar produzindo e selecionando genótipos superiores. Este trabalho visou avaliar os avanços alcançados para tolerância ao calor no programa de melhoramento genético de batata da UFLA no período 1996-2016 e simultaneamente, procurou identificar clones com melhor desempenho que as cultivares comerciais nos diversos segmentos de mercado, tanto em condições de estresse de calor como sob temperaturas amenas.

2 REFERENCIAL TEÓRICO

2.1 Importância da cultura da batata

Estudos taxonômicos demonstram que a serra peruana foi o local de origem e domesticação da batata (*Solanum andigena*). Esta espécie da família Solanaceae foi cultivada intensivamente na região próxima ao Lago Titicaca, em estreita relação com o desenvolvimento de sociedades indígenas. Já as batatas chamadas ‘chilotas’ no Sul do Chile são conhecidas por terem originado a batata européia (GARZÓN, 2007).

A batata foi introduzida na Europa pelos conquistadores espanhóis no século XVI e a partir de 1573 se difundiu para outros continentes. Com efeito, atualmente a batata (*Solanum tuberosum* L.) é cultivada nos cinco continentes, sob condições de clima temperado, subtropical e tropical; nos mais variados sistemas de produção e níveis tecnológicos (WATANABE, 2013).

A batata é a quarta cultura em ordem de importância no cenário da produção mundial de alimentos como fonte de energia, perdendo apenas para o trigo, arroz e milho. Considerada como um importante alimento básico, a batata constitui até 15% das calorias da dieta de algumas populações ao redor do mundo (THOMPSON et al., 2009). De acordo com o Departamento de Agricultura dos Estados Unidos (USDA, 2015), 100g de batata cozida e sem casca contém 87 kcal, 1,87g de proteína, 20,13g de carboidratos, 1,8g de fibra, 0,87g de açúcares totais, 0,1g de lipídeos e zero colesterol. Utilizando os dados fornecidos por esse órgão e as recomendações da Organização Mundial da Saúde para nutrição de adultos, calcula-se que os mesmos 100g de batata suprem 9,2% da demanda diária de tiamina, 9,6% da niacina, 23% da vitamina B6, 2,5% do ácido fólico e 28,9% da vitamina C. Esses atributos fazem da batata um alimento promissor na luta contra a desnutrição e reforçam a importância do

aumento no consumo cotidiano. Neste sentido, a produção mundial de batata vem crescendo gradativamente atingindo 376 milhões de toneladas (Mt) em 2013 (FAO, 2015).

A cadeia produtiva da batata é a maior e a mais complexa do setor olerícola, tendo em vista o elenco de atividades, que vão desde a produção da batata semente até o cultivo de tubérculos para a produção de tubérculos para processamento (LEPRE, 2009). No ano 2013, a China liderou o mercado (95,94 Mt) e junto com a Índia (45,34 Mt) e a Rússia (30,2 Mt) estas três potências foram responsáveis por 45,6% da produção mundial. Já em termos de produtividade destacaram a Nova Zelândia (46,7 t há⁻¹), os Estados Unidos (46,6 t há⁻¹), a Bélgica (46,1 t há⁻¹) e a Holanda (43,7 t há⁻¹). Muito aquém dessas cifras e mesmo tendo três safras por ano, no ano 2013 o Brasil produziu 3,55 Mt, com rendimento médio de 27,8 t há⁻¹ (FAO, 2015); sendo que os estados de São Paulo (24%), Paraná (22%) e Minas Gerais (32%) forneceram mais do 70% da produção nacional (IBGE, 2014).

Usualmente, a produtividade de batata nos países em desenvolvimento é muito inferior à obtida nos países europeus, de grande tradição em seu cultivo e com elevados níveis tecnológicos (FELTRAN; LEMOS, 2005). No panorama olerícola nacional, a cultura da batata se destaca pela sua importância socioeconômica; isso porque sustenta um expressivo contingente de pequenos produtores (WATANABE, 2013).

O cultivo de batata no Brasil apóia-se em cultivares importadas, criando dependência com genótipos obtidos sob clima temperado. Com isso, no ano 2005 importava-se batata semente de 14 cultivares, procedentes da Holanda (dez), Suécia (duas), Alemanha (uma) e Canadá (uma) para atender à demanda do mercado. No entanto, no país existem 17 cultivares de batata obtidas por instituições de pesquisa governamentais, mas com pouca utilização e quase desconhecidas pelos produtores (FELTRAN; LEMOS, 2005).

A adoção de genótipos nacionais aliado à melhoria do nível tecnológico poderia estimular o setor, caracterizado pela desigualdade entre as grandes áreas altamente tecnificadas e os pequenos cultivos com menor uso de insumos agrícolas. Lograr isto seria conveniente, principalmente no momento atual em que o crescimento econômico brasileiro faz com que a população aumente o consumo de produtos processados, de maior valor agregado (LEPRE, 2009). Com isso, o setor de desenvolvimento de cultivares deve estar preparado para aproveitar as oportunidades e satisfazer aos produtores de batata, bem como a emergente indústria de processamento (BROUWER, 2008).

2.2 Influência do calor na cultura da batata

As condições térmicas e o regime hídrico são as variáveis climáticas de maior peso no zoneamento agrícola das espécies cultivadas. Isso porque, dentre os fatores ambientais, a temperatura é um dos principais condicionantes do crescimento e desenvolvimento das plantas (DE SOUZA et al., 2011).

Resultados com simulações em diferentes locais do planeta indicam que a cultura da batata é afetada pelo aumento na temperatura do ar (HIJMANS, 2003). Estudos realizados em países de elevada latitude e clima temperado indicam um possível aumento na produtividade de tubérculos de batata diante das mudanças climáticas (DAVIES et al., 1997). Porém, em muitos países de latitudes baixas e médias, o que inclui o Brasil, o efeito das elevadas temperaturas do ar poderá ocasionar a diminuição na produtividade e uma estratégia para minimizar o efeito negativo das altas temperaturas nestes locais será alterar as datas de plantio (HIJMANS, 2003).

Embora os produtores procurem as áreas e as épocas mais adequadas ao plantio com relação a temperaturas amenas, frequentemente registram-se temperaturas acima das ideais, principalmente na safra que se estende de agosto

a dezembro (SILVA et al., 2009). No Brasil, ocorrem temperaturas acima das ideais durante quase todos os meses do ano, principalmente nos estados de Minas Gerais e São Paulo. Mesmo assim, a variação de altitude entre 500m e 1500m propicia microclimas que, aliados à disponibilidade de água para irrigação, permitem o plantio escalonado da batata numa sucessão de três safras (águas, seca, inverno) distribuídas ao longo do ano (WATANABE, 2013).

Alguns dos efeitos adversos das altas temperaturas sobre as plantas de interesse agrícola incluem o aumento da respiração, aumento da taxa de desenvolvimento e de senescência de folhas, redução do período de produção de fotoassimilados demandados por órgãos dreno, aborto de flores, redução da fotossíntese, inibição da síntese de amido em grãos, redução do número e peso de grãos e aumento da transpiração e do estresse hídrico (HALL, 2003). A temperatura elevada também pode afetar a estabilidade das membranas celulares, os níveis hormonais e os metabólitos primários e secundários (WAHID et al., 2007).

O estresse de calor ocorre quando a temperatura aumenta acima do valor crítico, durante tempo suficiente para causar danos irreversíveis ao crescimento e desenvolvimento das plantas. A temperatura-base ou limite de tolerância pela planta varia entre espécies, entre genótipos da mesma espécie e entre fases fenológicas do mesmo genótipo (DE SOUZA et al., 2011).

A temperatura pode afetar diretamente a planta de batata ou pode interagir com outros fatores ambientais modificando o seu desenvolvimento. Regiões que apresentam temperaturas entre 5°C e 21°C são as mais favoráveis e as flutuações diárias das condições climáticas e a temperatura noturna alta podem limitar a produção (HAVERKORT; VERHAGEN, 2008). Se ocorrerem pelo menos 60 noites com temperatura acima de 20°C a tuberização já não será normal (EWING, 1997). Assim, as lavouras de batata devem ser implantadas

preferencialmente no período de temperatura mais amena ou em locais de maior altitude para compensar os efeitos das altas temperaturas (WATANABE, 2013).

A temperatura é o fator ambiental que mais influencia a fotossíntese; e assim como a maioria das espécies, a batata apresenta uma faixa de variação de temperatura para a sua melhor eficiência fotossintética, fora da qual a produção é prejudicada. A temperatura diurna ideal para as cultivares européias está em torno de 20°C e pelo aumento de cada 5°C na temperatura da folha a taxa de fotossíntese reduz 25%. Por outro lado, a respiração da folhagem dobra se a temperatura se eleva 10°C (BURTON, 1981).

Os efeitos fisiológicos do estresse por calor na batata podem ser resumidos em três: redução da fotossíntese líquida, queda na partição de fotoassimilados destinados aos tubérculos e diminuição na condutância estomática (AIEN et al., 2011). A temperatura também influencia os três estádios de desenvolvimento da planta: emergência, tuberização, crescimento e amadurecimento dos tubérculos. A temperatura baixa atrasa a emergência e a temperatura alta atrasa o início da tuberização. A terceira fase é a mais prejudicada pelo estresse por calor, visto que se estimula o desenvolvimento da parte aérea (aumenta a intensidade da respiração) e reduz a alocação de fotoassimilados nos tubérculos (MENEZES et al., 2001). As pesquisas nesta área têm estabelecido que a faixa de temperatura ideal para tuberização e produção de matéria seca é estreita (entre 15°C e 20°C) (VAN DER ZAAG; BURTON, 1978). Como consequência disso, a cultura da batata sofre acentuada queda de produção e qualidade dos tubérculos devido às elevadas temperaturas (PINTO et al., 2010). Por outro lado, como a planta de batata é muito sensível ao estresse hídrico, é necessário o fornecimento adequado de água desde o início da tuberização até a maturação dos tubérculos ou a produtividade e aparência de tubérculos se vê comprometida (HANG; MILLER, 1986).

Diante disto, não surpreende que a maioria das cultivares comerciais tuberizem melhor com temperaturas médias pouco acima de 15,5°C (LEVY; VEILLEUX, 2007) e que também não se livrem dos efeitos prejudiciais do calor (FELTRAN; LEMOS, 2005). Durante a quantificação do efeito da temperatura no desenvolvimento e crescimento da cultivar Atlantic se demonstrou que o peso e crescimento de tubérculos e biomassa da planta foram menores quando foi cultivada a 28°C e 32°C do que a 16°C e 24°C. As plantas sob alta temperatura tiveram maior proporção de folhas e hastes que de tubérculos. O calor promoveu a senescência rápida das folhas e, indiretamente, reduziu o período de acúmulo de reserva e enchimento de tubérculos, em função do retardamento do início da tuberização (TIMLIN et al., 2006).

A redução na produção de tubérculos devido às altas temperaturas também tem sido amplamente observada. O decréscimo de até 58% na produção e de 25% na porcentagem de tubérculos graúdos foi observado junto com a redução no número e peso de tubérculos totais (LAMBERT et al., 2006). Outros autores mostraram resultados semelhantes com redução em torno de 46% (MENEZES et al., 2001). Muito antes, se tinha demonstrado que a produção de tubérculos/planta em condições de alta temperatura pode diminuir de 65 a 80% em relação com temperaturas amenas (KHEDHER; EWING, 1985). Também no caso das cultivares Alfa e Hertha verificou-se redução da produção de 52 e 94%, respectivamente, quando comparado o desempenho agrônômico entre os locais de temperatura alta e baixa (SARQUÍIS et al., 1996).

Mas não só a produtividade é comprometida pelo calor. Nos tubérculos que são adquiridos na forma *in natura* o estresse térmico causa defeitos morfológicos que, aos olhos do consumidor, significam perda de qualidade (DE SOUZA et al., 2011). Temperatura acima de 25° afeta negativamente o aspecto qualitativo do tubérculo e aumenta a porcentagem de rachaduras,

embonecamento, coração oco, coração negro e a mancha chocolate (BENITES; PINTO, 2011).

O crescimento desuniforme do tubérculo, comumente chamado de *embonecamento*, deve-se à interrupção do crescimento pela falta de nutrientes, temperaturas extremas e desfolha da planta. Quando o desenvolvimento do tubérculo reinicia, surgem pontos de crescimento secundário que geram as deformações (FELTRAN; LEMOS, 2005). Existe grande diferença na suscetibilidade a este distúrbio entre as cultivares de batata e, mesmo que nenhuma delas apresenta resistência (HILLER et al., 1985; FELTRAN; LEMOS, 2005), convém enfatizar que os genótipos com tubérculos de formato alongado são mais sensíveis ao embonecamento que aqueles com tubérculos redondos (ARCE, 1996).

A *rachadura* está associada a temperaturas elevadas e déficit hídrico. Dentre as cultivares utilizadas no Brasil, tanto Agata como Aracy apresentam resistência a este distúrbio fisiológico. O *coração oco* está associado ao crescimento excessivamente acelerado do tubérculo, levando a formação de uma cavidade no seu interior. Já o *coração negro* resulta do abastecimento inadequado de oxigênio para respiração do tubérculo, sendo seu sintoma característico a lesão de cor azul escuro – preto no centro do tubérculo. A *mancha chocolate*, ou necrose interna do tubérculo, tem como principal causa a deficiência na oxigenação, causada por respiração interna acelerada, associada ao crescimento ativo em altas temperaturas (FELTRAN; LEMOS, 2005).

Em resumo, a baixa tolerância ao calor em batata diminui a produtividade por várias razões; seja pela redução na fotossíntese, pelo aumento das perdas com a respiração, a diminuição da partição de fotoassimilados para os tubérculos ou ainda pela queda na qualidade do tubérculo. O estresse por calor impede a formação de tubérculos com alto teor de matéria seca e favorece a ocorrência de desordens fisiológicas. Tudo isso, dificulta a obtenção de matéria-

prima para a indústria de processamento e para o mercado de tubérculo *in natura*. Diante disso, a obtenção de cultivares tolerantes ao calor é prioritária para aumentar a produtividade de batata nas regiões tropicais e subtropicais; sem acréscimo da área plantada e produzindo matéria prima de qualidade (PINTO et al., 2010).

Nesse sentido, algumas estratégias de melhoramento devem ser utilizadas uma vez que existem muitos fatores que agem em conjunto para dar o efeito fenotípico da tolerância ao calor. Esses mecanismos incluem maior taxa fotossintética, manutenção da área foliar, termoestabilidade de membrana e proteínas de choque térmico (WAHID et al., 2007).

2.3 Melhoramento genético da batata visando a tolerância ao calor

Mesmo sendo a América do Sul o centro de origem da batata, o número de cultivares proveniente das regiões andinas é pequeno (BRADSHAW, 2005). Assim, há necessidade de colocar no mercado cultivares de batata adaptadas às diversas condições ambientais brasileiras. Acredita-se que o desenvolvimento de cultivares resistentes ao calor deve ser uma prioridade no país; especialmente pela sua condição de grande exportador de matérias primas e alimentos semi-processados, a qual ainda não abrange os produtos derivados de batata.

Atualmente, o programa de melhoramento genético de batata da Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária – EMBRAPA visa o lançamento de cultivares adaptadas às necessidades dos produtores brasileiros e ainda atendem a produção convencional e orgânica. Com uma boa base genética para resistência às pragas e doenças bacterianas, fúngicas e viróticas, esta empresa lançou recentemente mais cinco cultivares: BRS Eliza, BRS Ana, BRS Clara, BRS Cristal, BRS Camila (EMBRAPA, 2015).

Mesmo assim, acredita-se que o número relativamente baixo de cruzamentos e clones avaliados tem limitado o sucesso dos programas de melhoramento nacionais (SOUZA, 1999); os quais, por sinal, são escassos. Diante disto criou-se a falsa ilusão de que qualquer variedade adaptada seria bem recebida pelo setor, que a adotaria imediatamente. Porém, a cultivar Aracy é um exemplo de rejeição de genótipos lançados por programas de melhoramento brasileiros. Nesse caso, no IAC conseguiram combinar alta produtividade e ampla adaptação às condições tropicais. Contudo, Aracy não foi aceita por apresentar aparência inferior à das cultivares estrangeiras. Tal fato levou a um redirecionamento do programa, em que se deixou de valorizar as características de rusticidade e adaptação em benefício da aparência dos tubérculos (MIRANDA-FILHO; GRANJA, 2000). Este tipo de situações faz aumentar a complexidade das estratégias adotadas pelos programas de melhoramento de batata nacionais; tornando-se quente a incorporação de genótipos menos adaptados que contribuem no melhoramento visual, mesmo que gerem certo nível de atraso em relação ao aumento da produtividade.

Para se obter sucesso nos programas de melhoramento que buscam tolerância ao estresse ambiental, sugere-se que o melhoramento seja trabalhado com ajustes nas práticas culturais (WAHID et al., 2007). Alguns dos fatores chave que determinam o desempenho dos genótipos incluem a época e densidade do plantio, o tipo de amontoa e irrigação, o tempo para a dessecação da parte aérea e o controle de pragas em relação à safra.

O maior desafio no melhoramento tradicional para tolerância ao calor continua sendo o desenvolvimento de um método de seleção confiável e efetivo na identificação de plantas tolerantes. Isso, visto que nenhum caráter isoladamente discrimina clones mais adaptados ao cultivo sob condições de temperatura alta (MENEZES et al., 2001).

Na literatura encontram-se diversas estratégias e métodos de melhoramento tais como seleção recorrente com estimação do ganho de seleção a cada ciclo (BENITES; PINTO, 2011), seleção de famílias clonais (BENAVENTE; PINTO, 2012), seleção indireta com base em estudos fisiológicos (PETKOVA et al., 2007) e transgenia (WATERER et al., 2010). Acredita-se que para aumentar a eficácia no melhoramento, antes seja necessário identificar o nível de tolerância dos genótipos quando expostos ao estresse (MITI et al., 2010). Contudo, é comum que a tolerância ao calor seja avaliada indiretamente, por meio da produtividade, independentemente do método utilizado. Já a avaliação fenotípica ao nível bioquímico, fisiológico e celular são menos frequentes, apesar de ter-se demonstrado que a seleção baseada em vários caracteres é um mecanismo mais eficiente (HASANUZZAMAN et al., 2013).

As cultivares classificadas como tolerantes devem apresentar alta produção e boa qualidade do produto comercializável (HALL, 1992). Além disso, o produtor deseja cultivares satisfatórias quando submetidas às condições de estresse, mas que em condições ideais de cultivo respondam adequadamente à melhoria do ambiente. Assim, a seleção deve ser realizada em condições favoráveis e adversas; isso para escolher genótipos com menor oscilação no caráter de interesse e associados com médias altas; ou seja, tolerantes e responsivos (BENITES; PINTO, 2011).

Nesse sentido, já têm sido selecionados clones para ambientes específicos e com bom desempenho sob estresse ambiental; no entanto, produtividade média baixa em ambientes favoráveis. Estes são considerados tolerantes ao calor e com adaptação específica. Os clones responsivos à melhoria ambiental e de ampla adaptação apresentam produtividade média alta tanto em ambientes favoráveis como naqueles em que as temperaturas médias são elevadas (LAMBERT et al., 2006).

A tolerância ao calor é um caráter complexo o que faz com que em um genótipo adaptado se esperem combinações precisas de alelos para tolerância e bom desempenho agrônômico. Para alcançar tal meta, o melhorista precisa elaborar a triagem adequada para seleção de clones e populações segregantes e avaliar um grande número de genótipos (LEVY et al., 1991).

Outro caráter importante é a duração do ciclo vegetativo, que pode ser curto (menos de 90 dias), médio (entre 90 e 110 dias) ou longo (mais de 110 dias), dependendo da cultivar (FORTES; PEREIRA, 2003). Uma das estratégias que vem chamando à atenção dos melhoristas é a avaliação do comportamento de genótipos de ciclo vegetativo longo, em relação aos de ciclo curto, nas condições tropicais. Isso porque as cultivares plantadas atualmente se originaram em países de clima temperado e quando submetidas às condições ambientais tropicais, são afetadas pelas altas temperaturas e pela redução no número de horas de luz. Devido ao fotoperíodo mais curto dos trópicos e ao menor ciclo vegetativo da cultura, ocorre um decréscimo da produção; devido à diminuição no acúmulo de fotoassimilados por dia (BENITES; PINTO, 2011).

Tem-se observado que a maior produção dos clones de ciclo longo se deve ao crescimento vigoroso e à maior longevidade da parte aérea. Isso possibilita a formação de maior número de tubérculos por planta e maior taxa de tuberização ($\text{g} \times \text{dia}^{-1}$) ao longo do período de enchimento; aumentando significativamente a produção (SILVA et al., 2009).

O fotoperíodo também influencia na tuberização da batata. Na filogenia da planta, o mecanismo de tuberização foi desenvolvido como resposta à sobrevivência dos indivíduos durante os meses de inverno, até sua rebrotação no início da primavera (GRANJA, 1995). Observa-se que no início da tuberização são preferíveis os dias curtos; enquanto que uma vez iniciada, dias mais longos podem favorecer rendimentos maiores pelo aumento da área foliar e duração do ciclo da planta. Existe também uma relação compensatória entre comprimento

do dia e temperatura; possibilitando a produção em locais em que um destes fatores isoladamente não permitiria a tuberização (MARTINEZ-GARCIA et al., 2002).

O controle do início da tuberização está relacionado com fatores fisiológicos, bioquímicos e genéticos (FISCHER et al., 2008). Além disso, há influência de diferentes condições ambientais, tais como temperatura, dose de nitrogênio e fotoperíodo (MARTÍNEZ-GARCÍA et al., 2002). A importância de se conhecer o modelo de crescimento em clones de batata, com base no início da tuberização e ciclo vegetativo, leva ao maior entendimento do potencial de produção e fornece subsídios aos programas de melhoramento (RIBEIRO et al., 2014).

2.4 Obtenção de clones tolerantes ao calor no Programa de Melhoramento da UFLA

O melhoramento de batata para tolerância ao calor na Universidade Federal de Lavras (UFLA) se iniciou em 1994 com a introdução de clones do *Centro Internacional de 23a Papa* (CIP), liberados como tolerantes ao calor (Low Tropic: LT7, LT8, LT9 e DTO 28). Em 1996 esses clones foram avaliados em condições de altas temperaturas no sul de Minas Gerais com o objetivo de serem utilizados em cruzamentos futuros. Nessa época, concluiu-se que a produtividade sob altas temperaturas diminuiu 25,5%, mesmo para os genótipos considerados tolerantes ao calor. Conjuntamente, houve atraso na tuberização, partição deficiente de fotoassimilados para os tubérculos, redução no conteúdo de matéria seca e aumento na incidência de desordens fisiológicas (rachadura e crescimento secundário) (MENEZES et al., 1999).

Os clones tolerantes ao calor foram obtidos no programa de melhoramento da UFLA pouco tempo depois, quando os clones do CIP foram

cruzados com cultivares e clones brasileiros. Identificaram-se genótipos com alta capacidade de combinação para tolerância ao calor e obtiveram-se famílias de clones híbridos. Posteriormente, foram avaliados 30 clones de cada família e verificou-se que a temperatura alta afetou negativamente a produção (46% a menos), o teor de matéria seca e a ocorrência de desordens fisiológicas nos tubérculos (oito vezes a mais) em três localidades de Minas Gerais. Ficou exposto que a melhor estratégia de melhoramento da batata para a região seria a seleção de clones adaptados a cada safra (MENEZES et al., 2001). Essa população base (CBM) continuou sendo avaliada e foi reduzida selecionando apenas para tolerância ao calor e desempenho agrônomico (LAMBERT et al., 2003). Pesquisas posteriores identificaram clones com boa estabilidade e alto desempenho para produção de tubérculos, porcentagem de tubérculos graúdos e peso específico de tubérculos em diferentes localidades, anos e épocas de plantio no Sul de Minas Gerais (LAMBERT et al., 2006). Concluiu-se também que os clones deveriam ser selecionados com base em seu desempenho superior em condições mais favoráveis de temperatura (safra de inverno) e sob temperaturas elevadas.

No ano 2001 foram realizados cruzamentos biparentais entre 13 clones CBM e duas cultivares, obtendo-se 1400 clones na primeira geração clonal da população SR1 (primeira geração de seleção recorrente). Avaliações agronômicas feitas até o ano 2004 permitiram a seleção de 50 clones SR1 com base em experimentos conduzidos nas safras de inverno e das águas. No ano 2004, foram selecionados 31 clones para recombinação e formação da população SR2 (clones da segunda geração de seleção recorrente), junto com cinco clones ESL, uma cultivar e 15 famílias SR1 de polinização aberta. Finalmente, a avaliação agrônômica dos clones SR1 e SR2 demonstrou a ocorrência de ganho genético para todas as características avaliadas, exceto aparência geral dos tubérculos e incidência do crescimento secundário (BENITES; PINTO, 2011).

Esse último resultado fez aumentar o interesse pelo melhoramento da aparência do tubérculo e, nesse sentido, adotou-se outra estratégia na seleção de genitores. Em anos seguintes, duas populações (clones CTB e clones GMR) foram geradas através de cruzamentos biparentais entre os genótipos obtidos até aquele momento pelo método da seleção recorrente para produtividade; porém, incorporando cultivares comerciais que contribuíssem para melhorar a aparência dos tubérculos (BENAVENTE et al., 2011; RIBEIRO et al., 2014). Por um lado, os resultados foram satisfatórios visto que a seleção precoce se mostrou eficiente para produtividade e peso específico dos tubérculos, identificando famílias tolerantes ao calor e responsivas a temperaturas amenas. Porém, não foi eficiente para aparência dos tubérculos (RIBEIRO et al., 2014).

Utilizando os clones CTB fizeram-se avaliações anatômicas visando aprimorar a discriminação dos tipos de periderme, componente fundamental da qualidade visual dos tubérculos. Após isto, evidenciou-se a existência de famílias com grande potencial de apresentar clones de periderme lisa e famílias com grande potencial para apresentar olhos rasos; em ambos os casos a seleção pode ser realizada nas primeiras gerações clonais (LEPRE, 2009). Também foi utilizando a seleção ao nível de clone que no grupo de clones GMR distinguiram-se genótipos com boa aptidão para uso doméstico (mesa) ou com formato alongado e suficiente peso específico para o segmento de indústria de palitos pré-fritos (RIBEIRO et al., 2014).

A terceira geração de seleção recorrente (clones SR3) foi obtida no ano 2010, através de cruzamentos biparentais entre membros da população SR2. Dentre esses clones SR3 foi selecionado um grupo com boa aparência e aptidão para o segmento de mesa, os quais foram denominados IRF. Estimando a eficiência de seleção entre e dentro de famílias comprovou-se que a escolha de famílias na primeira geração clonal avaliada em campo facilita a identificação dos melhores clones para produtividade e peso específico de tubérculos, em

condições de calor. Já para o formato de tubérculos, a seleção de famílias pode ser aplicada desde a geração seedling. Cerca de 70% dos clones SR3 tolerantes ao estresse de calor e responsivos a melhoria ambiental pertencem a famílias com essas mesmas características (FIGUEIREDO et al., 2015). Recentemente, também demonstrou-se que uma boa estratégia para melhorar a produtividade de tubérculos em condições tropicais é a seleção de genótipos com tuberização precoce e ciclo vegetativo mais longo (LYRA et al., 2015).

Ao longo de todos esses anos os clones de cada população foram avaliados e selecionados nas safras de inverno (abril-julho) e das águas (agosto-dezembro); demonstrando superioridade nas condições adversas de temperatura quando considerada produção, porcentagem de tubérculos graúdos e conteúdo de matéria seca nos tubérculos. Assim, em quase duas décadas de melhoramento têm sido selecionados clones superiores pelo método de seleção recorrente (BENITES; PINTO, 2011).

3 MATERIAL E MÉTODOS

3.1 Material genético

Foram avaliados clones de batata provenientes do programa de seleção para tolerância ao calor da Universidade Federal de Lavras (UFLA) (Tabela 1). Estes clones foram obtidos e selecionados em trabalhos de pesquisa visando tolerância ao calor e bom desempenho agrônômico, entre os anos 1996 e 2013 (MENEZES et al., 2001; BENITES; PINTO, 2011; RIBEIRO et al., 2014; FIGUEIREDO et al., 2015; LYRA et al., 2015; TEIXEIRA et al., 2015). Uma amostra de oito a dez clones foi tomada de cada grupo (CBM, SR1, SR2, CTB, SR3, IRF, GMR) com base no desempenho atingido em anos anteriores. Cinco cultivares foram usadas como testemunhas: Agata, Asterix, Atlantic, Cupido e Markies.

Tabela 1 Genealogia dos clones tolerantes ao calor do programa de melhoramento de batata da UFLA. Lavras-MG 2016

Clone	Ano de obtenção	Cruzamento	Clone	Ano de obtenção	Cruzamento
CBM 04-48		LT7 x Baronesa	CTB 05-08		SR1 11-03 x Cupido
CBM 07-78		LT7 x Epamig 76-0580	CTB 09-22		CBM 05-08 x CBM 07-38
CBM 09-10		LT9 x Baraka	CTB 16-24		CBM 16-16 x ESL 02-18
CBM 16-15	1996	LT7 x Epamig 76-0526	CTB 27-38	2006	CBM 22-19 x Asterix
CBM 16-16		LT7 x Epamig 76-0526	CTB 32-26		SR1 11-03 x Monalisa
CBM 18-11		DT028 x Aracy	CTB 32-31		SR1 11-03 x Monalisa
CBM 19-11		LT8 x Baraka	CTB 37-16		CBM 08-17 x Pukara
CBM 22-19		LT9 x Epamig 76-0526	SR3 10-11	2010	CBM 22-19 x SR2 50-02

“...Continua...”

“TABELA 1, Cont.”

CBM 24-06	1996	LT9 x DTO28	SR3 19-24		CBM 22-19 x SR2 35-06
SR1 04-01		CBM 04-16 x CBM 03-26	SR3 32-04	2010	CBM 22-19 x SR2 50-02
SR1 04-02		CBM 04-16 x CBM 03-26	SR3 32-09		CBM 04-48 x CBM 07-78
SR1 04-03		CBM 04-16 x CBM 03-26	IRF 02-95		CBM 07-78 x SR2 50-02
SR1 04-06		CBM 04-16 x CBM 03-26	IRF 02-112		CBM 07-78 x SR2 50-02
SR1 05-04		CBM 22-19 x CBM 02-06	IRF 02-131		CBM 07-78 x SR2 50-02
SR1 05-08	2002	CBM 22-19 x CBM 02-06	IRF 08-65		CBM 07-78 x CBM 24-06
SR1 06-14		CBM 04-16 x CBM 11-03	IRF 01-15	2010	SR2 35-02 x Vivaldi
SR1 07-08		CBM 16-16 x Atlantic	IRF 11-40		CBM 22-19 x SR2 50-02
SR1 07-16		CBM 16-16 x Atlantic	IRF 16-24		CBM 22-19 x SR2 35-05
SR1 07-40		CBM 16-16 x Atlantic	IRF 31-05		CBM 07-78 x SR2 35-05
SR2 21-02		SR1 10-02 x ESL 02-18	GMR 03-58		SR2 21-02 x Voyager
SR2 24-03		SR1 04-06 x SR1 04- 19	GMR 05-04		SR2 35-05 x Voyager
SR2 29-01		SR1 10-02 x SR1 04- 01	GMR 10-27		SR2 50-02 x Markies
SR2 31-03		SR1 10-02 x SR1 04- 02	GMR 12-08		CBM 22-19 x Markies
SR2 35-05	2004	SR1 07-01 x SR1 07- 06	GMR 12-10	2010	CBM 22-19 x Markies
SR2 50-02		SR1 04-19 x SR1 07- 35	GMR 13-48		SR1 04-19 x SR1 07-32
SR2 50-04		SR1 04-19 x SR1 07- 35	GMR 15-42		CBM 07-78 x Markies
SR2 57-02		SR1 04-19 x SR1 07- 32	GMR 17-10		CBM 22-19 x Vivaldi
CTB 03-02		SR1 11-03 x Naturela	GMR 17-40		SR2 35-02 x Vivaldi
CTB 03-17	2006	SR1 11-03 x Naturela			

3.2 Local e condução dos experimentos

Todos os experimentos foram conduzidos na área experimental do Departamento de Biologia da UFLA, na cidade de Lavras, localizada a 918,8 metros acima do nível do mar; a 21°14' de latitude Sul e 45°59' de longitude Oeste. O clima da região é caracterizado por temperatura anual média de 19,4°C, precipitação total anual média de 1529,7mm e umidade relativa do ar média anual de 76,2% (TEIXEIRA et al., 2015). Para o experimento executado entre maio e outubro de 2014 utilizaram-se os dados da estação meteorológica de Lavras, fornecidos pelo Centro de Previsão de Tempo e Estudos Climáticos (CPTEC) do Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais (INPE) (<http://sinda.crn2.inpe.br/PCD/SITE/novo/site/index.php>). Nos experimentos restantes a temperatura do ar foi monitorada com termômetro com data logger desde o plantio até a colheita.

O preparo do solo foi realizado de maneira usual para a cultura, com aração, gradagem e enxada rotativa. Os tratos culturais foram realizados de acordo com as recomendações para a cultura em Minas Gerais. Utilizou-se a adubação de 2000 kg ha⁻¹ de fertilizante formulado 08-28-16 (N, P₂O₅, K₂O) no momento do plantio; e a adubação de cobertura foi realizada no momento da amontoa com 300 kg ha⁻¹ 20-05-20. Foi realizada a irrigação suplementar por aspersão de acordo com a necessidade da cultura e a incidência de chuvas.

O desempenho agrônômico foi avaliado em quatro experimentos conduzidos em campo. A distribuição dos experimentos entre maio de 2014 e janeiro de 2016 fez com que dois deles fossem sob estresse de calor e os outros dois sem estresse, assim:

Sem estresse de calor:

- Experimento 1: Safra de inverno 2014: maio-setembro.
- Experimento 3: Safra de inverno 2015: abril-agosto.

Com estresse de calor:

- Experimento 2: Safra da seca 2015: janeiro-abril.
- Experimento 4: Safra das águas 2015: setembro-janeiro.

O delineamento experimental foi em blocos casualizados (DBC) com três repetições e parcelas de cinco plantas, no espaçamento de 0,30m x 0,80m. Foram avaliados os seguintes caracteres:

- Produtividade de tubérculos: produção total dividida pelo número de plantas da parcela ($\text{g} \times \text{planta}^{-1}$);
- Produtividade de tubérculos graúdos: produção de tubérculos com diâmetro transversal acima de 45 mm ($\text{g} \times \text{planta}^{-1}$);
- Matéria seca: determinada pela expressão $MS = (-217,2) + (221,2 \times PE)$, onde $PE = \text{Peso no ar} / (\text{Peso no ar} - \text{Peso na água})$, obtido em balança hidrostática (SCHIPPERS, 1976);
- Ciclo vegetativo: número de dias entre a emergência e a seca natural das ramas (DAE);
- Tubérculos embonecados no total de graúdos;
- Tubérculos rachados no total de graúdos;
- Formato de tubérculo: nota visual na média de três avaliadores, atribuindo um (formato redondo) até cinco (formato alongado);
- Textura da periderme: nota visual na média de três avaliadores, por meio de notas variando de um (periderme áspera) até cinco (periderme lisa);
- Profundidade das gemas vegetativas: nota visual na média de três avaliadores, atribuindo um (olhos profundos) até cinco (olhos superficiais);

- Aparência geral dos tubérculos: nota visual na média de três avaliadores, variando de um (tubérculos com má aparência) até cinco (tubérculos com ótima aparência);
- Uniformidade dos tubérculos: nota visual na média de três avaliadores, atribuindo um (menos uniforme) até cinco (mais uniforme) considerando a variação do formato, tamanho e regularidade dos tubérculos, incidência de desordens fisiológicas, cor da periderme.

Foi conduzido um experimento em casa de vegetação, também no Departamento de Biologia da UFLA, para avaliar o início da tuberização sob estresse de calor (janeiro-abril de 2015). O delineamento experimental foi em blocos casualizados (DBC) com cinco repetições e parcelas de uma planta. Vasos de 0,5L de capacidade, contendo substrato orgânico-mineral (Tropstrato®) foram espaçados 0,20m x 0,20m. A temperatura do ar no interior da casa de vegetação foi monitorada. A cada três dias foi avaliado o início da tuberização, determinado pelo aumento no diâmetro da ponta do estolão atingindo o dobro do diâmetro inicial.

3.3 Análises estatísticas e processamento de dados

Para as análises individuais foi feita análise de variância (ANAVA) utilizando o seguinte modelo estatístico do DBC:

$$Y_{ik} = \mu + t_i + b_k + e_{ik}$$

Y_{ik} : valor observado na parcela que recebeu o tratamento i no bloco k ;

μ : efeito fixo da média geral do experimento;

t_i : efeito fixo do tratamento i ;

b_k : efeito aleatório do bloco k ;

e_{ik} : erro experimental assumindo-se que os erros são independentes e normalmente distribuídos com média zero e variância σ^2 .

A análise de variância (ANAVA) conjunta foi feita de acordo com o seguinte modelo estatístico:

$$Y_{ik} = \mu + t_i + a_k + b_{k(j)} + ta_{ik} + e_{ik}$$

Y_{ik} : resposta média do tratamento i no ambiente k ;

μ : efeito fixo da média geral do experimento;

t_i : efeito fixo do tratamento i ;

a_k : efeito fixo do ambiente k ;

$b_{k(j)}$: efeito aleatório do bloco j no ambiente k ;

ta_{ik} : efeito fixo da interação do tratamento i com o ambiente k ;

e_{ik} : erro experimental, assumindo-se que os erros são independentes e normalmente distribuídos com média zero e variância σ^2 .

Em todos os casos as análises de variância foram realizadas com nível de significância de 5%, utilizando o programa R. Realizaram-se os contrastes por meio do desdobramento entre e dentro dos grupos de clones. Foram calculadas as médias por clone e por grupo de clones; em cada caso foi aplicado o teste de agrupação de médias de Scott Knott, a 5% de probabilidade.

A precisão experimental foi estimada de acordo com Resende e Duarte (2007), utilizando a acurácia seletiva (\hat{r}_{gg}):

$$(\hat{r}_{gg}) = \sqrt{1 - \frac{1}{F}}$$

F: valor do teste F de Snedecor para o efeito de tratamento estimado na ANAVA.

O avanço para tolerância ao calor foi avaliado pelo desempenho dos genótipos nos ambientes contrastantes em relação à média geral. Com isso, foram classificados de acordo ao desempenho sob diferentes condições ambientais:

- Tolerantes e responsivos, superiores à média em ambas as condições ambientais.
- Tolerantes, superiores à média no ambiente com estresse de calor.
- Responsivos, superiores à média no ambiente sem estresse de calor.

A avaliação da estabilidade dos genótipos em relação à produção de grãos, aparência geral e conteúdo de matéria seca, assim como a discriminação entre ambientes foi realizada utilizando o método GGE -Biplot (*Genotype and Genotype-Environment Interaction*) através do modelo disponibilizado no programa R (YAN et al. 2001).

4 RESULTADOS

4.1 Variação térmica entre os experimentos de campo

O desempenho agrônomo das plantas cultivadas, assim como qualquer outro atributo quantitativo, é altamente influenciado pelas condições ambientais. Quando o objetivo for avaliar genótipos sob condições diferentes de temperatura, aumenta a importância da caracterização do ambiente experimental. Nesse sentido, as horas transcorridas durante as quatro épocas de cultivo foram classificadas em faixas de temperatura (Figura 1).

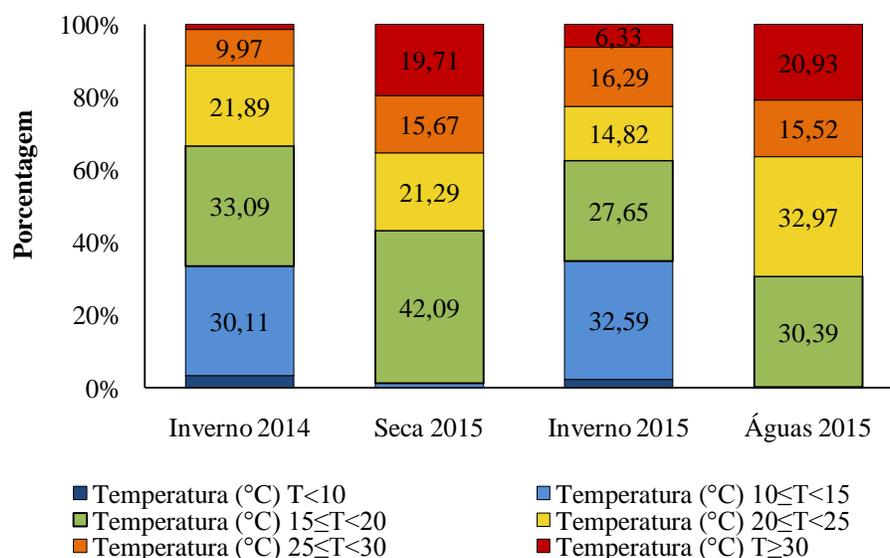


Figura 1 Distribuição percentual das horas de cultivo em faixas de temperatura durante quatro safras. Lavras-MG 2016

As safras de inverno dos anos 2014 e 2015 apresentaram um perfil de temperatura parecido entre elas e, ao mesmo tempo, diferente do das safras Seca 2015 e Águas 2015. Nas duas safras de inverno observou-se a ocorrência de

temperaturas inferiores a 20°C durante mais de 60% do tempo de cultivo (66,6 e 62,6%, respectivamente). Enquanto isso, as safras Seca 2015 e Águas 2015 transcorreram com um número menor de horas de cultivo sob temperaturas inferiores a 20°C (43,3 e 30,6%); logo, nessas épocas as plantas estiveram submetidas ao maior estresse de calor, com temperaturas acima de 20°C, em 56,7 e 69,4% do período de cultivo, respectivamente.

4.2 Análise de variância dos resultados obtidos nos experimentos de campo

Foram realizadas as ANAVAS individuais para cada experimento (Apêndice A ao H) e a análise conjunta (Tabela 2). A análise de variância conjunta dos quatro experimentos de campo evidenciou variação altamente significativa para os efeitos Ambientes, Genótipos e a interação Genótipos x Ambientes (Tabela 2).

Tabela 2 Análise de variância conjunta para produtividade (g x planta⁻¹), produtividade de grãos (g x planta⁻¹), conteúdo de matéria seca (%), ciclo vegetativo (DAE), formato, textura da periderme, profundidade das gemas e aparência geral dos genótipos avaliados sob diferentes condições ambientais de temperatura. Lavras-MG 2016

Fonte de variação	GL	Quadrado médio							
		Produtividade (g x planta ⁻¹)	Produtividade de grãos (g x planta ⁻¹)	Matéria seca (%)	Ciclo vegetativo (DAE)	Formato	Textura da periderme	Profundidade das gemas	Aparência geral
Ambientes (A)	3	1566161*	575394*	815,4*	61061*	0,668*	12,513*	16,264*	3,0403*
Genótipos (G)	61	274405*	242535*	18,6*	240*	3,257*	2,222*	1,265*	1,0431*
G x A	183	132298*	81914*	4,1*	87*	0,505*	0,435*	0,337*	0,5345*
Erro médio	453	65497	50152	2,8	37	0,21	0,307	0,185	0,2473
Média geral		680,66	405,47	20,20	83,56	3,29	2,76	3,30	2,66
Média clones		690,28	413,41	20,29	83,84	3,29	2,75	3,30	2,65
Média testemunhas		568,76	317,47	19,01	79,92	3,31	2,91	3,30	2,77
CVe (%)		37,60	55,23	8,23	7,33	13,92	20,10	13,06	18,71
Acurácia seletiva		87,25	89,06	92,28	91,86	96,73	92,83	92,38	87,35

* significativo pelo teste F ao nível de 5%

As médias dos caracteres avaliados nos quatro experimentos são apresentadas na Tabela 3. Para a produtividade total de tubérculos as safras sob temperaturas elevadas apresentaram uma redução de cerca de 13%. Para a produtividade de tubérculos graúdos as safras sob condições de temperaturas elevadas foram semelhantes com as de inverno. O conteúdo de matéria seca dos tubérculos também foi afetado pelas altas temperaturas (Seca 2015 e Águas 2015), sendo em torno de 17% menor que o observado em condições mais amenas (Safras Inverno 2014 e 2015) (Tabela 3).

Tabela 3 Médias experimentais para os caracteres agronômicos e de aparência avaliados em quatro épocas com diferentes condições de temperatura. Lavras-MG 2016

	Exp 1	Exp 2	Exp 3	Exp 4
	Inverno	Seca	Inverno	Águas
	2014	2015	2015	2015
Produtividade (g x planta ⁻¹)	630,27	643,98	812,92	605,28
Produtividade de graúdos (g x planta ⁻¹)	334,52	384,55	475,15	422,67
Matéria seca (%)	22,02	17,94	21,97	18,64
Ciclo vegetativo (DAE)	95,07	55,96	90,75	91,15
Graúdos embonecados (%)	0,21	9,33	0,35	19,12
Graúdos rachados (%)	0,17	3,9	0,55	8,41
Formato	3,28	3,32	3,33	3,23
Textura da periderme	3,08	2,53	2,57	2,83
Profundidade das gemas	3,61	2,95	3,15	3,49
Aparência geral	2,71	2,69	2,75	2,43
Uniformidade	-	2,84	3,11	3,17

A incidência de desordens fisiológicas (embonecamento e rachadura) foi superior nos experimentos conduzidos sob temperaturas mais elevadas (Seca 2015 e Águas 2015) (Tabela 3). De fato, essas desordens são raras de ocorrer

sob condições de temperaturas amenas como já demonstraram outros pesquisadores (FELTRAN, LEMOS; 2005).

É importante mencionar que diferenças na idade fisiológica e período de armazenamento da batata semente ocorreram no experimento de inverno 2014. Consequentemente, o desenvolvimento das gemas vegetativas (brotos) dos tubérculos plantados não foi uniforme; o que se refletiu na data de emergência das plantas, vigor vegetativo e estande. Da mesma forma, o desempenho dos genótipos teve uma queda importante na safra “Seca 2015” devido à incidência de “pinta-preta”, causada pelo fungo *Alternaria* spp. Com isso, a duração do ciclo vegetativo se reduziu em cerca de 35 dias em relação aos outros experimentos (Tabela 3).

Diferenças altamente significativas foram detectadas entre os genótipos para todos os caracteres (Tabela 2). De modo geral observou-se que os clones superaram as testemunhas para produtividade total (21%), produtividade de tubérculos graúdos (30%) e conteúdo de matéria seca (6,7%), sem contudo haver alteração na duração do ciclo vegetativo e período de enchimento de tubérculos. Para aparência geral dos tubérculos e seus componentes não ocorreram diferenças significativas entre clones e testemunhas.

A interação G x A também foi significativa para todos os caracteres (Tabela 2), indicando que o comportamento dos genótipos não foi consistente em todos os experimentos. Contudo, a interação Clones vs. Testemunhas x Ambientes foi não significativa para quase todos os caracteres, exceto para a aparência geral de tubérculos.

Observa-se na Tabela 4 que no ambiente sem estresse de calor os clones foram superiores às testemunhas para produtividade total de tubérculos (14,7%), para produtividade de graúdos (20,0%) e conteúdo de matéria seca (5,0%). Por outro lado, para a aparência geral de tubérculos e seus componentes as testemunhas sobressaíram em relação aos clones.

A superioridade dos clones em relação às testemunhas foi ainda mais acentuada no ambiente com estresse de calor (Tabela 4). Nessa condição ambiental, os clones se igualaram às testemunhas na aparência geral dos tubérculos. Para isto, a nota de uniformidade de tubérculos deve ter contribuído, visto que foi superior para os clones.

A redução no desempenho dos clones causada pelo estresse de calor foi menos acentuada que a das testemunhas (Tabela 4). Por exemplo, para os clones ocorreu redução de aproximadamente 13% na produtividade de tubérculos, enquanto que as testemunhas tiveram redução de 21%. Para a produtividade de tubérculos graúdos as testemunhas sofreram queda de 16% enquanto os clones mantiveram a mesma produtividade. Resultados semelhantes também ocorreram para aparência de tubérculos e uniformidade.

4.3 Discriminação ambiental pelo método GGE-BIPLLOT

A metodologia GGE-BIPLLOT foi utilizada para discriminar entre os ambientes e a capacidade destes em discriminar os genótipos. Para os caracteres produtividade de graúdos, conteúdo de matéria seca e aparência geral dos tubérculos o modelo explicou 68,4%, 78,4% e 74,6% da variação, respectivamente.

Observou-se que para os caracteres conteúdo de matéria seca e aparência geral de tubérculos os experimentos conduzidos sob estresse de calor se agruparam em um mega ambiente e os da safra de inverno em outro (Figura 2B e 2C); indicando relação com o perfil de temperatura mostrado na Figura 1. O ambiente 4 foi o que melhor discriminou os genótipos para produtividade de graúdos, enquanto que os ambientes 1 e 3 discriminaram melhor para aparência geral dos tubérculos e para o conteúdo de matéria seca, respectivamente.

Tabela 4 Média dos clones e testemunhas por experimento em diferentes condições ambientais de temperatura, superioridade média dos clones em relação às testemunhas (%) por ambiente e redução entre médias ambientais para produtividade ($\text{g} \times \text{planta}^{-1}$), produtividade de grãos ($\text{g} \times \text{planta}^{-1}$), conteúdo de matéria seca (%), uniformidade, formato, textura da periderme, profundidade das gemas e aparência geral dos tubérculos. Lavras-MG 2016

		Produtividade ($\text{g} \times \text{planta}^{-1}$)		Produtividade de grãos ($\text{g} \times \text{planta}^{-1}$)		Matéria seca (%)		Uniformidade		Formato		Textura da periderme		Profundidade das gemas		Aparência geral	
		Clones	Test	Clones	Test	Clones	Test	Clones	Test	Clones	Test	Clones	Test	Clones	Test	Clones	Test
Sem estresse	Exp. 1	628,81	648,50	333,73	344,33	22,16	20,17	3,27	3,44	3,08	3,13	3,63	3,40	2,67	3,17
	Exp. 3	828,97	622,44	486,58	339,56	21,98	21,89	3,09	3,28	3,34	3,18	2,56	2,69	3,15	3,16	2,74	2,80
	\bar{X} ambiental	728,89	635,47	410,15	341,94	22,07	21,03	3,09	3,28	3,31	3,31	2,82	2,91	3,39	3,28	2,71	2,98
	Superioridade média clones (%)	14,70		19,95		4,97		-5,68		-0,17		-3,12		3,36		-9,25	
Com estresse	Exp. 2	658,76	452,98	398,13	208,99	18,02	16,82	2,84	2,79	3,30	3,55	2,50	2,81	2,94	3,10	2,68	2,76
	Exp. 4	610,05	547,31	427,39	365,38	18,73	17,60	3,20	2,85	3,24	3,13	2,82	2,95	3,48	3,59	2,44	2,31
	\bar{X} ambiental	634,40	500,14	412,76	287,19	18,38	17,21	3,02	2,82	3,27	3,34	2,66	2,88	3,21	3,34	2,56	2,53
	Superioridade média clones (%)	26,84		43,72		6,76		7,32		-2,06		-7,56		-3,91		1,03	
Redução entre médias ambientais		-12,96	-21,30	0,63	-16,01	-16,74	-18,14	-2,26	-14,09	-1,10	0,81	-5,62	-1,10	-5,19	1,97	-5,42	-15,03

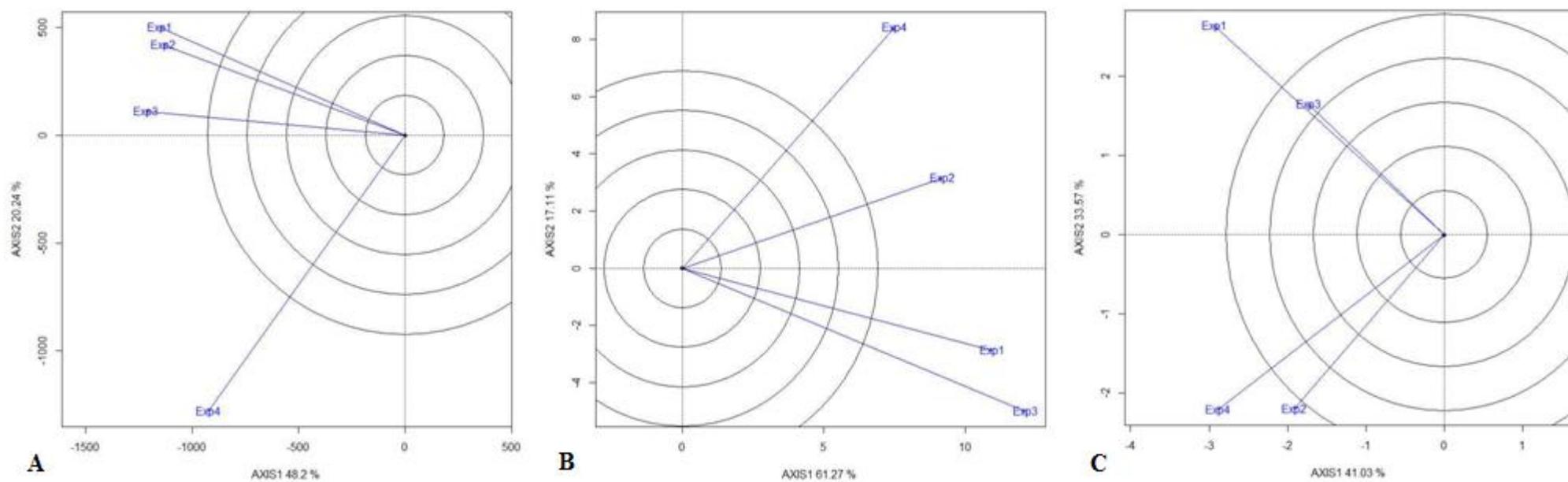


Figura 2 GGE Biplot que classifica os ambientes com melhor capacidade de discriminar os genótipos para (A) produtividade de tubérculos graúdos, (B) conteúdo de matéria seca, (C) aparência geral de tubérculos. Lavras-MG 2016

Entretanto, para a produtividade de tubérculos graúdos os ambientes foram agrupados em diferentes mega ambientes, um deles formado pelos experimentos 1, 2 e 3 e o outro apenas pelo experimento 4 (Figura 2A). O experimento 3 foi o ambiente mais representativo dos quatro, note-se o pequeno ângulo entre a reta deste ambiente e o eixo (Figura 2A).

Diante desses resultados os experimentos 3 e 4 foram escolhidos para avaliar o comportamento individual dos clones sob condições ambientais contrastantes.

4.4 Desempenho dos clones sob diferentes condições ambientais

Para o segmento de mesa destacaram-se os clones GMR 17-40 (G31) e GMR 12-10 (G27). Comparado com as testemunhas desse segmento (Agata e Cupido) esses clones foram bem mais produtivos em ambas as condições ambientais (Tabela 5). Na condição de estresse de calor o clone GMR 17-40 foi mais de duas vezes superior à cultivar mais produtiva desse segmento (Cupido). Destaca-se ainda que estes clones tiveram redução menos acentuada no teor de matéria seca na condição de estresse de calor quando comparados com as testemunhas do segmento. Além disso, para a aparência geral de tubérculos e seus componentes os clones receberam notas semelhantes às testemunhas.

Para o segmento de chips foram identificados sete clones superiores (Tabela 5). O que mais se destacou em relação à cultivar Atlantic, padrão neste segmento, foi a produtividade de tubérculos (total e graúdos). Sem o estresse de calor o clone SR3 19-24 foi 56% superior à cultivar Atlantic para a produção de graúdos; porém, sob estresse de calor a superioridade atingiu 69% para o clone CBM 16-16. Para o teor de matéria seca e os componentes de aparência dos tubérculos os clones foram semelhantes às testemunhas.

Para o segmento de pré-fritas congeladas quatro clones se destacaram (CBM 07-78, CTB 03-02, GMR 15-42 e SR2 35-05). Sobressaiu o clone CBM 07-78 que foi superior à melhor testemunha deste segmento (Markies), tanto na condição sem estresse (42%) quanto na condição com estresse (17%). Com relação ao teor de matéria seca e os componentes de aparência dos tubérculos os clones foram semelhantes à melhor testemunha para estes caracteres (Asterix), em ambas as condições ambientais.

Para a determinação dos genótipos responsivos utilizou-se a média de produtividade de tubérculos graúdos no ambiente com temperaturas amenas (Inverno 2015). A discriminação dos genótipos tolerantes ao estresse de calor foi feita pela média de produtividade de graúdos no ambiente com altas temperaturas (Águas 2015). Os clones foram classificados como tolerantes e responsivos, quando seu desempenho superou as médias nos dois ambientes. O número de genótipos tolerantes e responsivos foi 20, ressaltando que entre eles não havia nenhuma testemunha (Figura 3).

Além da superioridade dos clones já apresentada na Figura 3 e Tabela 5, verificou-se ainda que algum deles associaram produtividade de tubérculos graúdos com estabilidade pelo método GGE-Biplot (Figura 4). Os clones SR1.07.16 (G49), SR2.57.02 (G58) e CBM.16.16 (G8) foram os mais estáveis no segmento de chips, enquanto que os clones SR2.35.05 (G55) e CBM.07.78 (G5) o foram para o segmento de palitos pré-fritos (Figura 4A). Para o segmento de mesa o clone GMR.12.10 (G27) foi o mais estável, embora não tenha sido o mais produtivo. Já o clone GMR.17.40 (G31) foi o que apresentou maior instabilidade. Convém destacar que a instabilidade desse último clone foi devida, em grande parte, à alta produtividade de graúdos na safra com maior estresse de calor. Neste sentido, acredita-se que o clone GMR.17.40 possui alta resiliência para produtividade, em situações de estresse térmico. Este clone foi 84% mais produtivo na condição de estresse do que na condição de temperaturas

amenas (1352 g pl⁻¹ vs 733 g pl⁻¹). Além disso, houve baixa incidência de desordens fisiológicas, quando comparado às testemunhas (Tabela 5). As testemunhas apresentaram alta estabilidade, porém, todas com produtividade abaixo da média geral.

Na Figura 4B observa-se que os genótipos com melhor desempenho no mega-ambiente formado pelos experimentos 3 e 4 coincidiram com os 20 melhores clones selecionados apenas com base no desempenho médio nas duas condições ambientais (Figura 3).

Tabela 5 Desempenho médio (SE) sem estresse e (CE) com estresse de temperatura dos melhores 20 clones para tolerância ao calor e testemunhas para produtividade (g x planta⁻¹), produtividade de grãos (g x planta⁻¹), conteúdo de matéria seca (%), formato, textura da periderme, profundidade das gemas, uniformidade; enchimento de tubérculos (dias) e aptidão. Lavras-MG 2016

Genótipo	Produtividade (g x planta ⁻¹)		Produtividade de grãos (g x planta ⁻¹)		Matéria seca (%)		Formato		Textura da periderme		Profund. das gemas		Aparência geral		Uniform.		Enchimento de tubérculos (dias)	Aptidão
	SE	CE	SE	CE	SE	CE	SE	CE	SE	CE	SE	CE	SE	CE	SE	CE		
G31 GMR.17.40	1080,00	1705,56	733,33	1352,78	20,32	17,43	3,78	4,00	3,11	2,89	3,33	3,67	3,11	3,28	3,28	3,34	65,60	Mesa
G8 CBM.16.16	933,33	1215,56	637,50	895,56	22,08	20,23	3,33	2,89	2,33	3,00	3,22	3,78	3,05	2,22	2,95	3,33	75,27	Chips
G49 SR1.07.16	728,33	923,33	515,00	693,33	21,26	20,61	3,11	3,00	2,11	2,78	2,67	3,89	2,78	2,50	3,17	2,67	68,13	Chips
G23 GMR.03.58	1120,00	905,00	586,67	690,00	20,73	19,96	2,67	2,67	2,22	3,17	3,11	2,83	2,22	2,67	2,45	3,50	71,00	Chips
G27 GMR.12.10	996,67	1027,78	510,00	677,78	20,24	18,81	4,22	3,89	3,11	3,00	3,56	3,55	3,00	2,17	3,39	3,22	44,13	Mesa
G5 CBM.07.78	853,33	823,33	672,78	633,33	21,06	20,08	3,22	3,22	2,00	2,56	3,22	2,89	2,28	2,72	2,89	3,22	64,40	Palito
G13 CTB.03.02	813,33	658,33	566,67	609,72	23,73	19,43	3,89	3,78	2,78	3,00	3,45	4,44	2,83	1,61	3,39	4,11	51,13	Palito
G28 GMR.13.48	876,67	808,75	556,67	553,75	20,79	18,52	2,89	2,50	3,00	2,83	3,00	3,67	2,61	2,92	2,72	3,67	60,67	-
G60 SR3.19.24	1623,33	870,00	736,67	550,00	22,50	20,20	3,44	4,00	2,44	2,50	2,78	2,67	2,17	1,25	2,78	2,33	75,20	Chips
G58 SR2.57.02	946,67	622,17	663,33	545,83	22,82	19,53	2,33	2,33	1,89	2,11	2,56	2,78	2,45	2,61	3,17	3,66	70,27	Chips
G7 CBM.16.15	743,33	760,00	493,33	540,00	22,17	17,22	2,78	3,17	2,34	2,33	3,00	3,67	2,83	1,83	3,00	2,50	67,40	-
G12 CBM.24.06	1320,00	675,83	1046,67	527,50	21,74	17,50	3,45	3,00	2,11	3,00	2,78	3,56	2,50	2,05	2,50	2,89	70,67	-
G29 GMR.15.42	963,89	657,50	613,89	523,75	22,27	18,45	3,67	3,50	2,89	2,83	3,11	3,33	2,61	2,50	3,11	3,00	58,47	Palito
G11 CBM.22.19	883,33	960,00	630,00	520,00	20,54	19,60	3,11	2,67	2,67	3,00	2,22	3,83	1,72	2,25	2,33	2,67	70,07	-
G55 SR2.35.05	1260,00	713,33	590,00	500,00	21,31	19,12	4,00	4,11	2,45	3,44	3,11	3,33	2,78	2,61	3,00	3,56	61,80	Palito

“...Continua...”

"TABELA 5, Cont."

G44	SR1.04.06	655,00	592,50	564,17	477,50	21,62	19,42	2,67	2,50	2,00	2,33	3,00	3,17	3,17	2,58	3,56	3,33	58,40	Chips
G39	IRF.31.05	848,33	573,33	591,67	453,33	20,07	15,67	3,22	3,67	2,89	3,11	2,89	3,44	3,22	2,22	2,83	3,55	66,00	-
G48	SR1.07.08	930,00	512,50	820,00	452,08	20,75	17,60	2,00	2,45	1,55	1,78	2,22	2,67	3,61	3,17	3,78	4,11	67,67	-
G61	SR3.32.04	873,61	620,83	526,39	440,28	21,98	19,56	2,33	2,56	2,00	2,44	2,44	2,78	2,56	2,17	2,78	3,11	75,53	Chips
G35	IRF.02.95	990,28	570,28	708,33	423,89	23,18	16,78	4,00	3,89	2,89	2,78	3,78	3,44	2,78	2,50	3,39	2,89	62,73	-
G1	AGATA	700,00	440,00	293,33	335,00	18,76	15,25	3,33	2,67	2,89	3,67	3,55	3,00	2,45	3,42	2,45	3,50	65,67	Mesa
G2	ASTERIX	515,56	401,67	214,44	166,67	23,18	18,95	4,22	3,67	3,56	3,00	3,67	4,11	3,34	1,89	3,83	2,45	51,33	Palito
G3	ATLANTIC	566,67	441,67	473,33	333,33	22,48	20,43	2,22	2,55	1,78	2,22	2,78	3,44	3,50	1,56	4,06	2,34	61,53	Chips
G22	CUPIDO	503,33	758,33	246,67	500,00	21,10	16,57	2,66	3,44	2,78	3,22	2,89	3,66	2,22	3,34	2,83	3,89	65,67	Mesa
G40	MARKIES	826,67	715,00	470,00	540,00	22,68	15,27	3,45	3,17	2,44	2,83	2,89	3,50	2,50	1,42	3,22	2,00	66,87	Palito

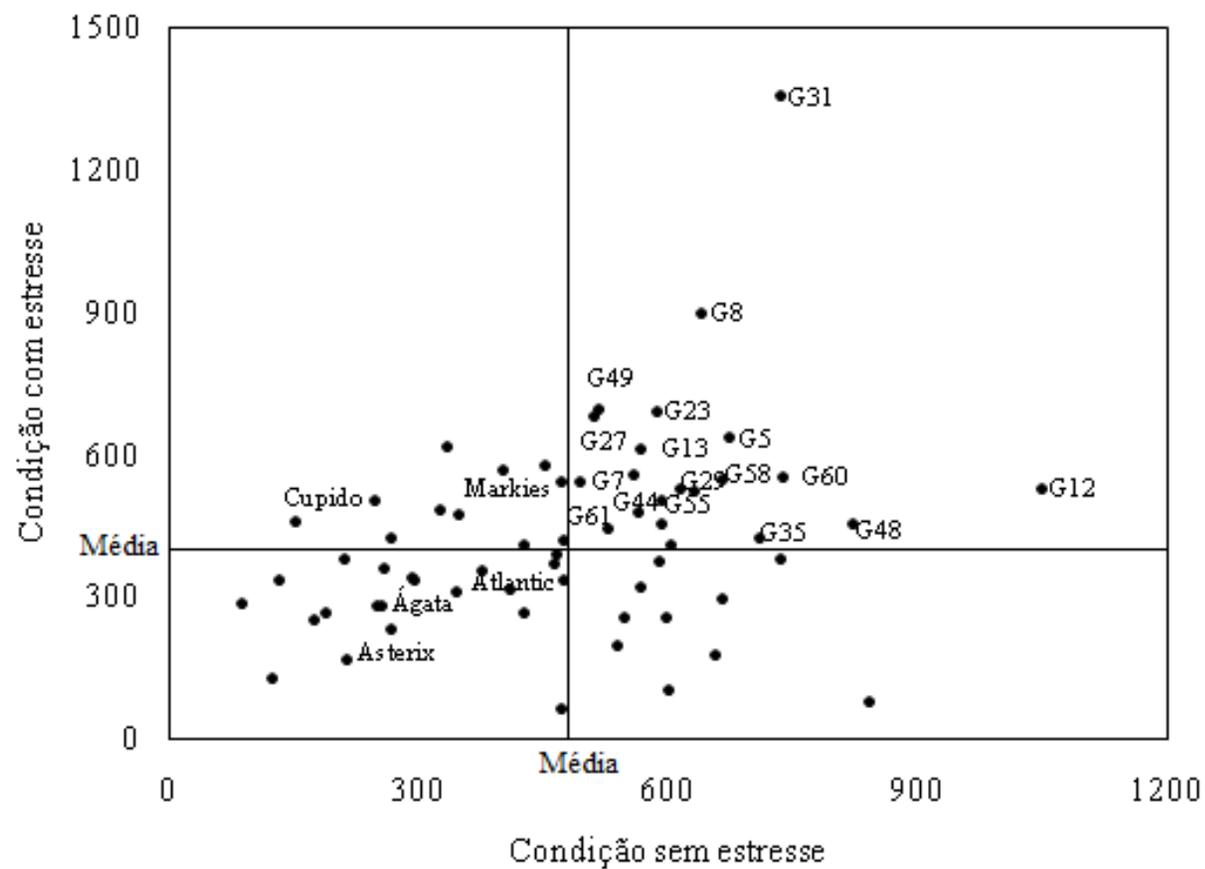


Figura 3 Distribuição dos melhores clones e testemunhas em relação às médias para produtividade de tubérculos graúdos ($\text{g} \times \text{planta}^{-1}$) em duas condições ambientais. Código dos genótipos de acordo com a Tabela 5. Lavras-MG 2016

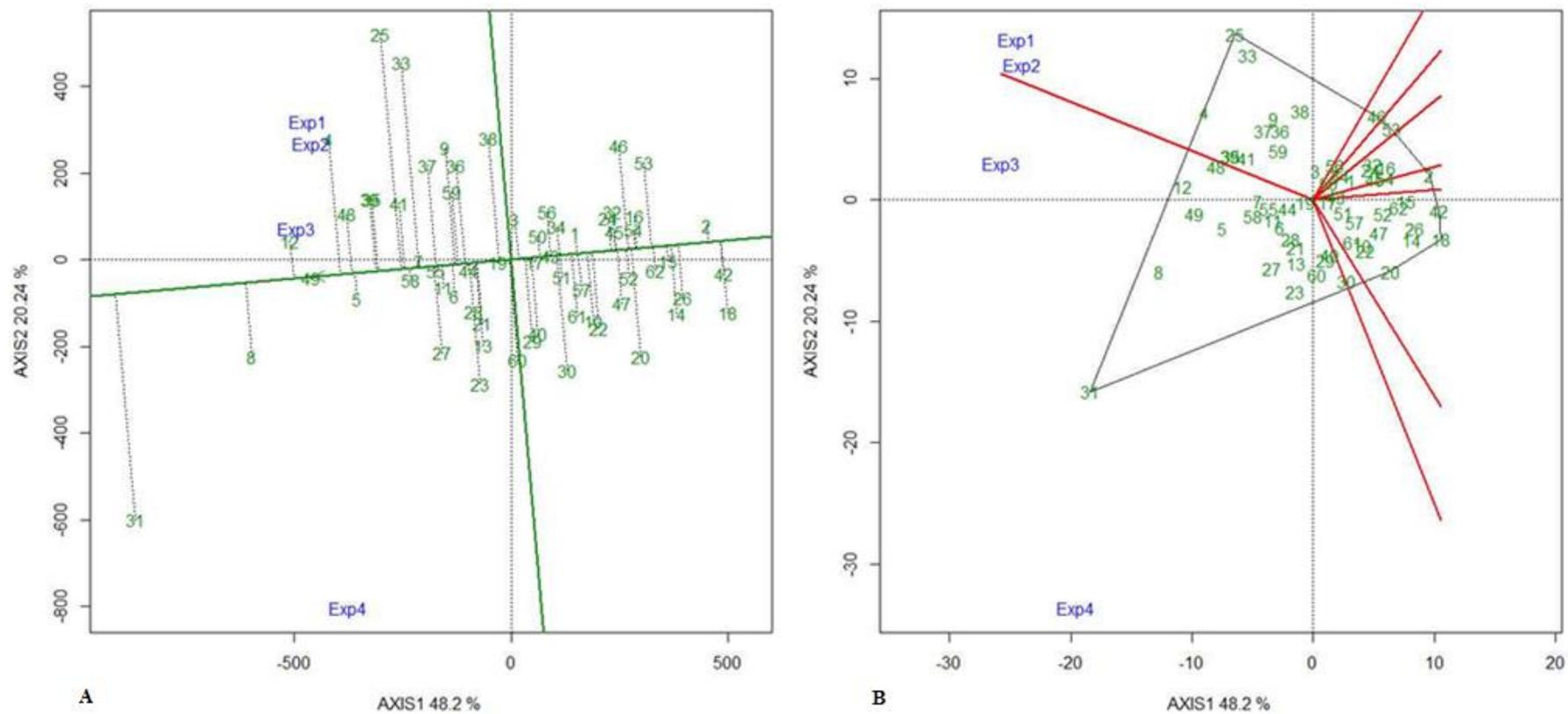


Figura 4 GGE Biplot que avalia conjuntamente (A) a estabilidade dos genótipos e (B) suas médias nos ambientes de avaliação (B) para produtividade de tubérculos graúdos. Código dos genótipos de acordo com a Tabela 4. Lavras-MG 2016

5 DISCUSSÃO

Nos países tropicais a cultura da batata tem se desenvolvido graças às pesquisas realizadas nos setores públicos e privados, mas também com a contribuição das práticas empíricas adotadas pelos agricultores. Assim, tem sido possível contornar parcialmente os problemas advindos do fato das cultivares terem sido melhoradas em países temperados.

As pesquisas têm constatado o efeito prejudicial das temperaturas altas sobre o desempenho das cultivares de batata (MENEZES et al., 2001; FELTRAN; LEMOS, 2005; RIBEIRO et al., 2014; FIGUEIREDO et al., 2015; LYRA et al., 2015; MOREIRA et al., 2015; TEIXEIRA et al., 2015). Com isso, aumenta a urgência da recomendação de genótipos adaptados às condições tropicais e com estabilidade de produção suficiente para atender as necessidades dos produtores. Deve-se considerar ainda, que o produtor brasileiro planta e colhe batata durante o ano todo, diferentemente do que acontece em outras regiões do mundo. Assim, há flutuações na produtividade, no conteúdo de matéria seca, na aparência dos tubérculos, bem como na ocorrência de doenças e desordens fisiológicas, dificultando a capacidade de predição do desempenho dos genótipos nas diferentes safras.

Surpreende e preocupa que sete cultivares de batata desenvolvidas em países de clima temperado (Agata, Asterix, Atlantic, Cupido, Markies, Monalisa e Caesar) ocuparão 95% da área total a ser plantada no Brasil na safra 2016 (comunicação pessoal, Associação Brasileira da Batata). O fato de Agata representar 60% da área total reflete a carência de recomendação de cultivares específicas por região e safra.

O programa de melhoramento de batata da Universidade Federal de Lavras tem contribuído desde 1996 com a geração de genótipos mais adaptados

às condições tropicais, principalmente a temperaturas mais altas e fotoperíodos mais curtos.

Neste trabalho, as temperaturas observadas nas safras da Seca 2015 e Águas 2015 (Figura 1) foram elevadas, considerando as exigências da cultura, a ponto de causarem reduções significativas nos diversos caracteres. Isto não surpreende visto que o calor tem sido amplamente associado ao fraco desenvolvimento morfofisiológico e ao desempenho agrônômico baixo para a espécie (FELTRAN; LEMOS, 2005; PINTO et al., 2010; LYRA et al., 2015). As cultivares de batata utilizadas no mundo todo não estão isentas deste problema, em que a maior partição de fotoassimilados ocorre para a parte aérea, em detrimento dos tubérculos (AIEN et al., 2011). O mau desempenho sob temperaturas elevadas também tem sido relacionado com o incremento na taxa respiratória, redução da capacidade fotossintética e diminuição do teor de matéria seca até níveis inaceitáveis, especialmente para a indústria de processamento de batata (HAVERKORT; VERHAGEN, 2008). Em anos anteriores, diversos clones do programa foram avaliados em diferentes condições de temperatura e se associou o calor com a redução na produtividade (MENEZES et al., 2001; LAMBERT et al., 2006), de maneira semelhante com os decréscimos mostrados na Tabela 3. Porém, o conjunto de clones avaliados teve produtividade maior que a das testemunhas nas safras de temperaturas mais altas e sob temperaturas mais amenas (Tabela 4), demonstrando que o programa de melhoramento da UFLA visando tolerância ao estresse térmico tem conseguido bons resultados. Provavelmente, isto se deve à estratégia adotada por Lambert em 2006 (LAMBERT et al., 2006), em que a seleção dos clones passou a ser realizada tanto no ambiente com temperaturas favoráveis quanto no ambiente com estresse de calor.

A superioridade dos clones foi observada não só para produtividade de tubérculos, mas também para outros caracteres de interesse, como o conteúdo de

matéria seca dos tubérculos (Tabela 4). Este resultado reflete o esforço que tem sido empregado no programa de melhoramento da UFLA desde os primeiros anos, pois naquela época as cultivares mais utilizadas no Brasil (Achat, Monalisa, entre outras) apresentavam baixo conteúdo de matéria seca. O acúmulo de matéria seca depende de vários fatores como o genótipo, comprimento do período de enchimento de tubérculos, disponibilidade de água e intensidade solar. Contudo, a temperatura é o fator determinante do conteúdo de matéria seca dos tubérculos na colheita. Teores abaixo de 17% são inaceitáveis, principalmente para a indústria de processamento (HAVERKORT; VERHAGEN, 2008). Os clones da UFLA apresentaram valores superiores a 20% sob temperaturas amenas e tiveram uma menor redução sob condições de estresse, comparados às testemunhas (Tabela 4). Alguns clones atingiram valores superiores a 20% também sob estresse de calor (Tabela 5). Esse resultado se reveste de grande importância uma vez que as cultivares empregadas na indústria de processamento de palitos pré-fritos (Asterix e Markies) sofrem com os efeitos das altas temperaturas, produzindo matéria prima de baixa qualidade.

Resultados prévios de pesquisas desenvolvidas com clones do programa da UFLA demonstraram existência de variabilidade genética suficiente para selecionar genótipos altamente tolerantes ao calor e responsivos quando plantados em condições de temperaturas amenas (RIBEIRO et al., 2014; TEIXEIRA et al., 2015). Porém, quando se comparou o desempenho dos clones cronologicamente mais antigos (CBM, SR1, SR2) com os mais recentes (SR3, IRF, GMR) não foram observados ganhos significativos para o conteúdo de matéria seca e nem mesmo para produtividade. Resultados semelhantes foram relatados por Benites e Pinto (2011), empregando parte do mesmo grupo de clones avaliados neste trabalho. Uma das explicações dos autores foi o fato de terem sido introduzidas cultivares não adaptadas ao estresse de calor. O mesmo

ocorreu com os clones GMR, que foram oriundos do cruzamento com as cultivares holandesas Voyager, Vivaldi e Markies (Tabela 1 Genealogia).

Desse modo, entre os vinte melhores clones (Tabela 5) estão representados todos os sete grupos de clones avaliados para tolerância ao calor. Constatou-se ainda na ANAVA (resultados não apresentados) a significância da variação dentro de cada grupo de clones indicando uma maior variabilidade genética dentro dos grupos que entre eles. Esta maior variabilidade dentro dos grupos de clones ou de famílias, já havia sido relatada anteriormente tanto para a batata (MELO, 2011) como também para outras culturas de propagação vegetativa, como a cana de açúcar (JACKSON; MCRAE, 1998) e mandioca (CEBALLOS et al., 2015).

No programa de melhoramento de batata da UFLA os clones denominados CBM formaram a população base a partir da qual foram sendo selecionados novos clones tolerantes ao calor. A discriminação dos melhores clones nos ciclos seguintes de seleção recorrente foi realizada sem levar em consideração a aparência dos tubérculos ou período de enchimento. A seleção feita sobre os clones CBM ao longo de várias safras para estabilidade e alto teor de matéria seca gerou um grupo de clones altamente estáveis e com potencial para ser utilizado em programas de seleção recorrente para tolerância ao calor (LAMBERT et al., 2006). Assim, durante a primeira década do programa não houve preocupação para os componentes de aparência dos tubérculos. A partir de 2006 (LEPRE, 2009) a avaliação dos clones passou a considerar este caráter como primordial visando a sua futura aceitação pelos produtores, levando à introdução de cultivares comerciais como genitores (BENAVENTE; PINTO, 2012; RIBEIRO et al., 2014).

Após ter avaliado clones advindos de todas as épocas do programa, constatou-se que os genitores utilizados durante cada fase influenciaram o desempenho quanto à qualidade visual, produtividade e estabilidade. Assim, por

exemplo, os únicos dois clones com aptidão para mesa são do grupo GMR (Tabela 5), obtido mais recentemente no programa pela recombinação entre cultivares comerciais e clones tolerantes ao calor, visando à melhoria da aparência dos tubérculos (RIBEIRO et al., 2014).

Finalmente, convém salientar que a avaliação dos clones foi realizada em condições de calor extremo (Figura 1). Estas condições de estresse normalmente não são encontradas nos campos dos produtores com a mesma intensidade daquela observada neste trabalho, uma vez que eles procuram regiões ou safras com temperaturas mais próximas do ideal. Assim, espera-se que em condições de estresse mais moderado os clones do programa de melhoramento da UFLA possam ter um desempenho bem acima das cultivares comerciais atualmente em uso.

6 CONCLUSÃO

O programa de melhoramento genético de batata da UFLA visando à tolerância ao calor tem gerado clones superiores às cultivares comerciais para os diversos segmentos de mercado, tanto em condições de estresse de calor como sob temperaturas amenas.

Foram identificados vinte clones tolerantes e responsivos para produtividade de tubérculos, teor de matéria seca e aparência geral.

Dos melhores vinte clones com tolerância ao calor dois são indicados para o mercado de tubérculos *in natura* (mesa), quatro para o processamento industrial na forma de palitos pré-fritos e sete para chips.

REFERÊNCIAS

AIEN, A.; KHETARPAL, S.; PAL, M. Photosynthetic characteristics of potato cultivars grown under high temperature. **American-Eurasian Journal of Agricultural & Environmental Science**, Dubai, v. 11, p. 633-639, 2011.

ARCE, F.A. **El cultivo de la patata**. Madrid: Mundi-Prensa, 1996. 272 p.

BENAVENTE, C. et al. Repeatability of family means in early generations of potato under heat stress. **Crop Breeding and Applied Biotechnology**, Viçosa, v. 11, p. 330-337, 2011.

BENAVENTE, C.; PINTO, C. Selection intensities of families and clones in potato breeding. **Ciência e Agrotecnologia**, Lavras, v. 36, n. 1, p. 60-68, 2012.

BENITES, F.; PINTO, C. Genetic gains for heat tolerance in potato in three cycles of recurrent selection. **Crop Breeding and Applied Biotechnology**, Viçosa, v. 11, p. 133-140, 2011.

BRADSHAW, J. Potato improvement at SCRI by multitrait genotypic recurrent selection... In: SIMPÓSIO DE ATUALIZAÇÃO EM GENÉTICA E MELHORAMENTO DE PLANTAS. Seleção recorrente no melhoramento de plantas, 9., 2005, Lavras, **Anais...** Lavras: Universidade Federal de Lavras, 2005.

BROUWER, A. Mercado emergente da batata palito pré-frito. **Revista Batata Show**, Itapetinga, n. 21, 2008.

BURTON, W. Challenges for stress physiology in potato. **American Journal of Potato Research**, Vancouver, v. 58, n. 1, p. 3-14, 1981.

CEBALLOS, H. et al. Conventional breeding, marked assisted selection, genomic selection and breeding in clonally propagated crops: a case study for cassava. **Theoretical and Applied Genetics**, Berlin, v. 128, p. 1647-1667, 2015.

DAVIES, A. et al. Modelling the predicted geographic and economic response of UK cropping systems to climate change scenarios: the case of potatoes. **Annals of Applied Biology**, Londres, v. 130, p.167-178, 1997.

DE SOUZA, M.A.; PIMENTEL; A.J.; RIBEIRO, G. Melhoramento para tolerância ao calor. In: FRITSCHÉ-NETO, R.; BORÉM, A. **Melhoramento de plantas para condições de estresses abióticos**. Viçosa: Editora Universidade Federal de Viçosa, 2011. p. 199-226.

EMBRAPA (Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária). **Eliza, Clara, Ana e Cristal: cultivares de batata da Embrapa mostram seu potencial**. Disponível em: <http://www.embrapa.br/noticias/>. Acesso em: 21 set. 2015.

EWING, E. E. Potato. In: WIEN, H.C. **The physiology of vegetable crops**. Wallingford: CABI, 1997. p. 295-344.

FAO (Food and Agriculture Organization of the United Nations). **FAOSTAT**. Disponível em: <http://faostat3.fao.org/browse/Q/QC/E>. Acesso em: 21 set. 2015.

FELTRAN, J.; LEMOS, L. Características agronômicas e distúrbios fisiológicos em cultivares de batata. **Científica**, Jaboticabal, v. 33, n. 1, p. 106-113, 2005.

FIGUEIREDO, I. et al. Efficiency of selection in early generations of potato families with a view toward heat tolerance. **Crop Breeding and Applied Biotechnology**, Viçosa, v. 15, p. 210-217, 2015.

FISCHER, L. et al. Morphological and Molecular Characterization of a Spontaneously Tuberizing Potato Mutant: An Insight into the Regulatory Mechanism of Tuber Induction. **BMC Plant Biology**, Londres, v. 8, p. 117, 2008.

FORTES, G.R.; PEREIRA, J.E.S. Classificação e descrição botânica. In: PEREIRA, A.S. da; DANIELS, J. (Ed.). **O cultivo da batata na região sul do Brasil**. Brasília: EMBRAPA, 2003. p. 69-79.

GARZÓN, F.M. Sociedades precolombinas asociadas a la domesticación y cultivo de la papa (*Solanum tuberosum*) en Sudamérica. **Revista Latinoamericana de la Papa**, Balcarce, v. 1, n. 14, p. 1-9, 2007.

GINZBERG, I. et al. Potato tuber skin development: the effect of hot climate and plant desiccation. **Acta Horticulturae**, Bélgica, v. 684, p. 93-98, 2005.

GRANJA, N.P. **Capacidade produtiva de batata (*Solanum tuberosum* L.) cv. Aracy em função da densidade de plantio, tamanho e estágio fisiológico da semente**. 1995. 85 p. Tese (Doutorado em Agricultura) - Faculdade de Ciências Agrônômicas, Universidade Estadual Paulista “Júlio de Mesquita Filho”, Botucatu, 1995.

HALL, A. Breeding for heat tolerance. **Plant Breeding Reviews**, Westport, v. 10, p. 129-168, 1992.

HALL, A. **The mitigation of heat stress**. 2003. Disponível em: <http://plantstress.com/Articles/index.asp>. Acesso em: 14 nov. 2014.

HANG, A.N.; MILLER, D.E. Yield and physiological responses of potato deficit, high frequency sprinkler irrigation. **Agronomy Journal**, Madison, v. 78, p. 436-440, 1986.

HASANUZZAMAN, M. et al. Physiological, biochemical, and molecular mechanisms of heat stress tolerance in plants. **International Journal of Molecular Sciences**, Basel, v. 14, p. 9643-9684, 2013.

HAVERKORT, A. J.; VERHAGEN, A. Climate change and its repercussions for the potato supply chain. **Potato Research**, Wageningen, v. 51, n. 3-4, p. 223-237, 2008.

HIJMANS, R.J. The effect of climate change on global potato production. **American Journal of Potato Research**, Orono, v.80, p.271-279, 2003.

HILLER, L.K.; KOLLER, D.C.; THORNTON, R.E. Physiological disorders of potato tubers. In: LI, P.H. (Ed.). **Potato Physiology**. Orlando: Academic Press, 1985. p.389-455.

IBGE (Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística). **Indicadores IBGE da Produção Agrícola**. Disponível em: <http://www.ibge.gov.br/home/estatistica/indicadores/agropecuaria/lspa/lspa2014066.shtm>. Acesso em: jul. 2014.

INPE (Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais) - CPTEC (Centro de Previsão de Tempo e Estudos Climáticos). Disponível em: <http://sinda.crn2.inpe.br/PCD/SITE/novo/site/index.php>. Acesso em: 20 jan. 2016.

JACKSON, P.; MCRAE, T. Gains from selection of broadly adapted and specifically adapted sugarcane families. **Field Crops Research**, Ámsterdam, v. 59, p. 151-162, 1998.

KHEDHER, M.; EWING, E. Growth analyses of eleven potato cultivars grown in the greenhouse under long photoperiods with and without heat stress. **American Journal of Potato Research**, Orono, v. 62, n. 10, p. 537-554, 1985.

LAMBERT, E.; PINTO, C.; MENEZES, C. Potato improvement for tropical conditions: I. Analysis of stability. **Crop Breeding and Applied Biotechnology**, Viçosa, v. 6, p. 129-135, 2006.

LAMBERT, E. et al. Estabilidade de clones de batata oriundos do cruzamento entre genitores tolerantes ao calor. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE MELHORAMENTO DE PLANTAS, 2003, Porto Alegre. **Anais...** p. 103-105.

LEPRE, A. **Avaliação de componentes relacionados à aparência externa de tubérculos de batata**. 2009. 71 p. Dissertação (Mestrado em Genética e Melhoramento de Plantas) – Universidade Federal de Lavras, Lavras, 2009.

LEVY, D.; KASTENBAUM, E.; ITZHAK, Y. Evaluation of parents for heat tolerance in the early generations of a potato (*Solanum tuberosum* L.) breeding program. **Theoretical and Applied Genetics**, Berlin, v. 82, n. 2, p. 130-136, 1991.

LEVY, D.; VEILLEUX, R. Adaptation of potato to high temperatures and salinity - A review. **American Journal of Potato Research**, Orono, v. 84, n. 6, p. 487-506, 2007.

LYRA, D. et al. Início da tuberização, duração do ciclo vegetativo e tolerância ao calor em genótipos de batata. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v. 50, n. 7, p. 582-592, 2015.

MARTÍNEZ-GARCÍA, J.F. et al. The interaction of gibberellins and photoperiod in the control of potato tuberization. **Journal of Plant Growth Regulation**, Nova York, v. 20, p. 377-386, 2002.

MELO, D. et al. Early selection of full-sib potato families. **Ciência e Agrotecnologia**, Lavras, v. 35, n. 6, p. 1101-1109, 2011.

MENEZES, C.; PINTO, C.; LAMBERT, E. Combining ability of potato genotypes for cool and warm seasons in Brazil. **Crop Breeding and Applied Biotechnology**, Viçosa, v. 1, n. 2, p. 145-157, 2001.

MENEZES, C. et al. Avaliação de genótipos de batata (*Solanum tuberosum* L.) nas safras das águas e inverno no sul de Minas Gerais. **Ciência e Agrotecnologia**, Lavras, v. 23, n. 4, p. 777-784, 1999.

MIRANDA-FILHO, H.; GRANJA, N. Melhoramento genético de batata no Instituto Agrônomo de Campinas e a bataticultura em São Paulo. In:

WORKSHOP BRASILEIRO DE PESQUISA EM MELHORAMENTO DE BATATA, 1996, Londrina. In: EMBRAPA: Hortaliças, Brasília, 2000, p. 22-35.

MITI, F; TONGOONA, P; DERERA, J. S1 selection of local maize landraces for low soil nitrogen tolerance in Zambia. **African Journal of Plant Science**, Kampala, v. 4, n. 3, p. 067-081, 2010.

MOREIRA, C. et al. Clones de batata tolerantes ao calor para diferentes segmentos de mercado. **Revista Ciência Agronômica**, Fortaleza, v. 58, n. 2, p. 138-145, 2015.

PETKOVA, V. et al. Field screening for heat tolerant common bean cultivars (*Phaseolus vulgaris* L.) by measuring of chlorophyll fluorescence induction parameters. **Scientia Horticulturae**, Amsterdam, v. 111, n. 2, p. 101-106, 2007.

PINTO, C. et al. Potencial de clones elite de batata como novas cultivares para Minas Gerais. **Horticultura Brasileira**, Brasília, v. 28, p. 399-405, 2010.

RESENDE, M. DE; DUARTE, J. Precisão e controle de qualidade em experimentos de avaliação de cultivares. **Pesquisa Agropecuária Tropical**, Goiânia, v. 37, n. 3, p. 182-194, 2007.

RIBEIRO, G. et al. Seleção de famílias para aparência dos tubérculos e tolerância a temperaturas elevadas em batata. **Bragantia**, Campinas, v. 73, n. 4, p. 390-398, 2014.

SARQUÍ, J.; GONZÁLES, H.; BERNAL-LUGO, I. Response of two potato clones (*Solanum tuberosum* L.) to contrasting temperature regimes in the field. **American Journal of Potato Research**, Orono, v. 73, n. 7, p. 285-300, 1996.

SCHIPPERS, P. The relationship between specific gravity and percentage of dry matter in potato tubers. **American Journal of Potato Research**, Orono, v. 53, p. 111-122, 1976.

SILVA, F. et al. Caracterização morfofisiológica de clones precoces e tardios de batata visando à adaptação a condições tropicais. **Bragantia**, Campinas, v. 68, n. 2, p. 295-302, 2009.

SOUZA, J. C. **Capacidade de combinação e seleção clonal em um dialeto de batata (*Solanum tuberosum* L.)**. 1999. 83 p. Tese (Doutorado em Genética e melhoramento de plantas) – Universidade Federal de Lavras, Lavras, 1999.

TEIXEIRA, A. et al. Evaluation of potato clones for heat tolerance in the southern region of Minas Gerais State, Brazil. **Revista Brasileira de Ciências Agrárias**, Recife, v. 10, p. 171-177, 2015.

THOMPSON, M. D. et al. 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**, Londres, v. 22, n.6, p. 571-576, 2009.

TIMLIN, D. et al. Whole plant photosynthesis, development, and carbon partitioning in potato as a function of temperature. **Agronomy Journal**, Madison, v. 98, p. 1195-1203, 2006.

USDA (United States Department of Agriculture) - Agricultural Research Service. **National Nutrient Database for Standard Reference Release 27. Basic Report: 11365, Potatoes, boiled, cooked in skin, flesh, without salt.** Disponível em: <http://ndb.nal.usda.gov/ndb/foods/show/3128?manu=&fgcd>
Acesso em: 21 set. 2015.

VAN DER ZAAG, D.; BURTON, W. Potential yield of the potato crop and its limitations. In: CONFERENCES SURVEY PAPERS, 7., 1978, Warsaw. **Proceedings...** Warsaw, Poland: EAPR, 1978. p. 7-22.

WAHID, A. et al. Heat tolerance in plants: An overview. **Environmental and Experimental Botany**, Amsterdam, v. 61, n. 3, p. 199-223, 2007.

WATANABE, E. Y. **Produtividade de um clone de batata submetido às adubações mineral e orgânica**. 73 p. Dissertação (Mestrado em Ciências, Área de concentração: Fitotecnia) – Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz”, Piracicaba, 2013.

WATERER, D. et al. Evaluation of abiotic stress tolerance of genetically modified potatoes (*Solanum tuberosum* cv. Desiree). **Molecular Breeding**, *Ámsterdam*, v. 25, n. 3, p. 527-540, 2010.

YAN, W. et al. Two types of GGE biplots for analyzing multi-environment trial data. **Crop Science**, *Madison*, v.41, n.3, p.656-663, 2001.

APÊNDICES

Apêndice A. Análise de variância para produtividade, produtividade de grãos, matéria seca e ciclo vegetativo dos genótipos avaliados em Lavras-MG na safra “Inverno 2014”, sem estresse por calor

Fonte de variação	GL	Quadrado médio			
		Produtividade (g x planta ⁻¹)	Produtividade de grãos (g x planta ⁻¹)	Matéria seca (%)	Ciclo vegetativo (DAE)
GENÓTIPOS	(68)	140376*	120365*	7,915*	214,5*
Entre grupos de clones	6	474817*	510726*	6,233	784,4*
Dentro de clones CBM	9	180850*	119914*	10,217*	102,5*
Dentro de clones SR1	9	37651	73581*	12,03*	241,3*
Dentro de clones CTB	9	99060*	68166*	11,461*	250,92*
Dentro de clones SR2	9	164940	41834	3,403	168,6*
Dentro de clones GMR	8	172560	200766*	1,9606*	211,6*
Dentro de clones SR3	4	5038	22858	2,167*	35,77
Dentro de clones IRF	9	64297	47732	4,968	82,8*
Entre testemunhas	4	77707*	48798	10,781*	75,73*
Clones vs. Testemunhas	1	5621*	1670	55,34*	127,3
ERRO MÉDIO	131	65044	54615	1,934	20,2
Média		630,27	334,52	22,02	95,07
CV (%)		40,46	69,86	6,32	4,72
Acurácia seletiva		73,25	73,91	86,93	95,18

*significativo pelo teste F ao nível de 5%

Apêndice B. Análise de variância das notas visuais para formato do tubérculo, textura da periderme, profundidade das gemas e aparência geral dos tubérculos dos genótipos avaliados em Lavras-MG na safra “Inverno 2014”, sem estresse por calor

Fonte de variação	GL	Quadrado médio			
		Formato	Textura da periderme	Profundidade das gemas	Aparência geral
GENÓTIPOS	(68)	1,5443*	1,3454*	0,8341*	0,8289*
Entre grupos de clones	6	4,436*	3,798*	1,5941*	2,1393*
Dentro de clones CBM	9	0,4423*	0,6111	0,7555*	0,7154*
Dentro de clones SR1	9	2,0344*	1,6608*	1,3497*	1,2516*
Dentro de clones CTB	9	1,0867*	1,0167*	0,2637	0,7065*
Dentro de clones SR2	9	0,8974*	0,9546	0,4277*	0,3933
Dentro de clones GMR	8	1,3515*	1,5132*	0,3463	1,1184*
Dentro de clones SR3	4	1,2040*	0,3495	0,0522	0,20732
Dentro de clones IRF	9	0,8298*	1,2180	1,2510*	0,2625
Entre testemunhas	4	3,646*	1,3778*	1,7172*	0,08417
Clones vs. Testemunhas	1	0,4404*	0,0365	0,7129	3,354*
ERRO MÉDIO	131	0,2071	0,3815	0,1900	29,75
Média		3,28	3,08	3,61	2,71
CV (%)		13,87	20,02	12,08	17,58
Acurácia seletiva		93,05	84,64	87,87	85,21

*significativo pelo teste F ao nível de 5%

Apêndice C. Análise de variância para produtividade, produtividade de grãos, matéria seca, ciclo vegetativo, % de grãos embonecados e % de grãos rachados dos genótipos avaliados em Lavras-MG na safra “Seca 2015”, com estresse por calor

Fonte de variação	GL	Quadrado médio					
		Produtividade (g x planta ⁻¹)	Produtividade de grãos (g x planta ⁻¹)	Matéria seca (%)	Ciclo vegetativo (DAE)	Graúdos embonecados (%)	Graúdos rachados (%)
GENÓTIPOS	(67)	168108*	132626*	6,314*	99,9*	551*	292,1*
Entre grupos de clones	6	323298*	195009*	11,441*	336,6*	453,1	191,39
Dentro de clones	9	257971*	162658	5,67*	163,2	122,68*	1170,9*
CBM							
Dentro de clones SR1	9	124742*	134529*	7,277	18,038	764,6	43,54
Dentro de clones CTB	9	23421	47876*	5,982*	4,86	1156,2*	384,4*
Dentro de clones SR2	9	160760*	124011*	4,468*	82,09	77,41	135,99
Dentro de clones	8	192054*	142491*	2,548*	151,94	622,7*	5,58
GMR							
Dentro de clones SR3	4	510909*	385505*	1,208	22,23	1281,2*	0
Dentro de clones IRF	8	14418	14319	7,279*	68,5	251,9*	198,95*
Entre testemunhas	4	2250	33200	8,017*	0,4542	604,7	238,44
Clones vs. Testemunhas	1	536327*	454787*	18,512*	277	69,2	98,28
ERRO MÉDIO	125	46235	36387	2,471	62,3	293,4	59,99
Média		643,98	384,55	17,94	55,96	9,33	3,90
CV (%)		33,39	49,60	8,76	14,10	183,53	198,79
Acurácia seletiva		85,15	85,19	78,01	61,33	68,38	89,14

*significativo pelo teste F ao nível de 5%

Apêndice D. Análise de variância das notas visuais para formato do tubérculo, textura da periderme, profundidade das gemas, aparência geral e uniformidade dos tubérculos dos genótipos avaliados em Lavras-MG na safra “Seca 2015”, com estresse por calor

Fonte de variação	GL	Quadrado médio				
		Formato	Textura da periderme	Profundidade das gemas	Aparência geral	Uniformidade dos tubérculos
GENÓTIPOS	(67)	0,9016*	0,8534*	0,4966*	0,6654*	0,7565*
Entre grupos de clones	6	0,4808	1,5932*	0,674*	1,4104*	1,587*
Dentro de clones CBM	9	0,2387	1,1388*	0,3258*	0,4074*	0,6971*
Dentro de clones SR1	9	1,2074*	0,7564	0,5386	0,8023*	1,0543*
Dentro de clones CTB	9	0,4797*	0,4494	0,8111*	0,5424*	0,4852
Dentro de clones SR2	9	1,7769*	1,2489*	0,2689	0,6701*	0,8578*
Dentro de clones GMR	8	0,6523*	0,3792	0,4078	0,555*	0,7101*
Dentro de clones SR3	4	2,2498*	0,8636	0,5258	1,1847*	0,9015
Dentro de clones IRF	8	0,7986*	0,3345	0,4107*	0,4052	0,3764
Entre testemunhas	4	0,534	1,0909*	0,7153*	0,3611	0,1389
Clones vs. Testemunhas	1	0,7618	1,2168	0,319	0,0912	0,0458
ERRO MÉDIO	125	0,1897	0,3691	0,1906	0,3060	0,2870
Média		3,32	2,53	2,95	2,69	2,84
CV (%)		13,12	24,04	14,78	20,58	18,87
Acurácia seletiva		88,86	75,33	78,50	73,49	78,78

*significativo pelo teste F ao nível de 5%

Apêndice E. Análise de variância para produtividade, produtividade de grãos, matéria seca, ciclo vegetativo dos genótipos avaliados em Lavras-MG na safra “Inverno 2015”, sem estresse por calor

Fonte de variação	GL	Quadrado médio			
		Produtividade (g x planta ⁻¹)	Produtividade de grãos (g x planta ⁻¹)	Matéria seca (%)	Ciclo vegetativo (DAE)
GENÓTIPOS	(64)	202832*	117017*	9,715*	105,23*
Entre grupos de clones	6	575221*	247632*	22,522*	243,99*
Dentro de clones CBM	9	108035	111048	4,069	112,06*
Dentro de clones SR1	9	126279*	157597*	19,619*	110,77*
Dentro de clones CTB	9	49441	67208	17,004*	69,93
Dentro de clones SR2	7	294028*	135650*	5,071	78,17*
Dentro de clones GMR	8	142793	39303	1,308	49,54*
Dentro de clones SR3	3	378605*	50096	3,062	47,64
Dentro de clones IRF	8	224945*	136942*	5,633	134,5*
Entre testemunhas	4	57334*	45998*	5,196	21,57
Clones vs. Testemunhas	1	590208*	298661*	0,107	376,7*
ERRO MÉDIO	126	64110	51116	2,931	41,34
Média		812,92	475,15	21,97	90,75
CV (%)		31,15	47,58	7,79	7,08
Acurácia seletiva		82,70	75,04	83,57	77,92

*significativo pelo teste F ao nível de 5%

Apêndice F. Análise de variância das notas visuais para formato do tubérculo, textura da periderme, profundidade das gemas, aparência geral e uniformidade dos tubérculos dos genótipos avaliados em Lavras-MG na safra “Inverno 2015”, sem estresse por calor

Fonte de variação	GL	Quadrado médio				
		Formato	Textura da periderme	Profundidade das gemas	Aparência geral	Uniformidade dos tubérculos
GENÓTIPOS	(64)	1,1795*	0,9392*	0,4129*	0,4637*	0,5583*
Entre grupos de clones	6	3,483*	1,5745*	0,6364*	1,0553*	1,6049*
Dentro de clones CBM	9	0,1197	0,4293	0,5214*	0,5632*	0,2605
Dentro de clones SR1	9	0,9955*	1,2472*	0,4757*	0,5688*	0,3787
Dentro de clones CTB	9	0,7448*	0,8224*	0,1429	0,5163*	0,5708*
Dentro de clones SR2	7	1,2472*	1,4125*	0,3181*	0,096	0,3365
Dentro de clones GMR	8	1,4744*	0,586*	0,3802*	0,2176	0,4145*
Dentro de clones SR3	3	0,9237	0,4031	0,4055*	0,0769	0,083
Dentro de clones IRF	8	0,886*	0,884*	0,4685*	0,2301	0,4234
Entre testemunhas	4	1,7688*	1,2702*	0,5275*	0,994*	1,3552*
Clones vs. Testemunhas	1	0,3867	0,2314	0,0004	0,0507	0,4816
ERRO MÉDIO	128	0,1946	0,2933	0,1103	0,1616	0,3046
Média		3,33	2,57	3,15	2,75	3,11
CV (%)		13,24	21,08	10,54	14,64	17,77
Acurácia seletiva		91,38	82,93	85,60	80,72	67,39

*significativo pelo teste F ao nível de 5%

Apêndice G. Análise de variância para produtividade, produtividade de grãos, matéria seca, ciclo vegetativo e % de grãos embonecados e % de grãos rachados dos genótipos avaliados em Lavras-MG na safra “Águas 2015”, com estresse por calor

Fonte de variação	GL	Quadrado médio					
		Produtividade (g x planta ⁻¹)	Produtividade de grãos (g x planta ⁻¹)	Matéria seca (%)	Ciclo vegetativo (DAE)	Graúdos embonecados (%)	Graúdos rachados (%)
GENÓTIPOS	(64)	161347*	112706*	5,92*	102,18*	873,6*	659,8*
Entre grupos de clones	6	407525*	234189*	7,701	244,06*	453,4	682,1*
Dentro de clones	8	150758	92308	3,417	85,76*	637,4*	1664*
CBM	9	96529*	63553*	7,941*	209,88*	381,6	33,54
Dentro de clones SR1	8	46026*	53064*	2,957	43,18	1370*	24,66
Dentro de clones CTB	9	94547	75730	6,077	95,59*	1157,4*	739,2
Dentro de clones SR2	8	480850	353261	3,050	28,82	130	41,67
GMR	4	46485	25961	4,283	80,43*	653,6	36,1
Dentro de clones SR3	7	35770	34128	4,664	81,81*	1391,5*	1590,7*
Dentro de clones IRF	4	76949	54643	11,526*	30,90	2220,9*	1107*
Entre testemunhas	1	47438	46741	14,972*	32,56	2375,2*	93,9
Clones vs. Testemunhas	104	87008	57147	3,864	30,64	370,2	147,4
ERRO MÉDIO							
Média		605,28	422,67	18,64	91,15	19,12	8,41
CV (%)		48,73	56,56	10,55	6,07	100,62	144,40
Acurácia seletiva		67,87	70,21	58,93	83,67	75,91	88,12

*significativo pelo teste F ao nível de 5%

Apêndice H. Análise de variância das notas visuais para formato do tubérculo, textura da periderme, profundidade das gemas, aparência geral e uniformidade dos tubérculos dos genótipos avaliados em Lavras-MG na safra “Águas 2015”, com estresse por calor

Fonte de variação	GL	Quadrado médio				
		Formato	Textura da periderme	Profundidade das gemas	Aparência geral	Uniformidade dos tubérculos
GENÓTIPOS	(64)	1,0169*	0,3614*	0,5571*	0,7098*	0,8354*
Entre grupos de clones	6	2,1919*	0,3726	0,7937*	0,631	0,5544
Dentro de clones CBM	8	0,1927	0,2465	0,3418	0,5795	0,4883
Dentro de clones SR1	9	0,9264*	0,5732*	0,4805*	0,2947	0,8463*
Dentro de clones CTB	8	0,499	0,26723	1,8289*	0,945*	0,3468
Dentro de clones SR2	9	2,0521*	0,6796*	0,399	0,6004	0,9197
Dentro de clones GMR	8	1,2528*	0,15223	0,1363	0,6047*	0,5054
Dentro de clones SR3	4	1,2673*	0,04583	0,2041	0,3082	1,2095
Dentro de clones IRF	7	0,4519	0,1474	0,1822	0,8233*	1,6256*
Entre testemunhas	4	0,6846	0,7559*	0,4386*	2,3717*	1,685*
Clones vs. Testemunhas	1	0,1403	0,2044	0,15	0,216	1,456
ERRO MÉDIO	104	0,2745	0,1629	0,2763	0,3344	0,4264
Média		3,23	2,83	3,49	2,43	3,17
CV (%)		16,23	14,27	15,06	23,80	20,58
Acurácia seletiva		85,44	74,12	71,01	72,73	69,97

*significativo pelo teste F ao nível de 5%